

Ossi Niskakangas

KIVIHILISEOKSEN PANOSTUSPRAKTIIKAN OPTIMOINTI

KIVIHILISEOKSEN PANOSTUSPRAKTIIKAN OPTIMOINTI

Ossi Niskakangas
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotannon ja logistiikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Ossi Niskakangas

Opinnäytetyön nimi: Kivihiiliseoksen panostuspraktiikan optimointi

Työn ohjaajat: Esa Törmälä, Pekka Myllymäki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 57 + 6 liitettä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko kivihiiliseoksen panostamista koksiouneihin mahdollista ja järkevää optimoida. Optimoinnilla tarkoitetaan tässä tapauksessa koksiounun täyttöasteen entistä helpompaa hallintaa, hiiliseoksen panostusajan lyhentämistä ja panostetun kivihiiliseoksen pinnan ta-
soituksen minimointia.

Koksausprosessi on haastava, minkä takia optimoinnissa edettiin varovasti. Nykytilanteen kartoituksen pohjalta valittiin menetelmäksi vaiheittainen testaus, jolla päästäisiin tavoitteisiin. Testit tehtiin prosessin ehdoilla ja rajallisilla resursseilla, minkä takia kaikkia asioita ei pystytty varmentamaan. Työssä käytettiin apuna henkilökunnan laajaa kokemusta koksauksesta.

Työn aikana löytyi myös muutamia kehityskohteita, jotka kannattavat huomioida panostusprosessin optimoimisen lisäksi. Kehityskohteita ovat muun muassa panostusaukkojen kuvaaminen ennen panostusta ja panostustapahtuman mallintaminen tietokoneella. Näillä kehityskohteilla on mahdollista sujuvoittaa panostusprosessia lisää.

Opinnäytetyöprojekti suoriutui tavoitteistaan. Saatiin selvitettyä se, että optimointityötä on järkevää jatkaa eteenpäin. Testien tuloksena saatiin lähtöarvot muidenkin kuin testiunien panostuksen kehittämiseen. Optimointi ei vaadi suuria resursseja, mutta sillä saavutettavat hyödyt voivat nousta suuriksi.

Asiasanat: hiili, koksi, panostus, optimointi, koksausprosessi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree programme in Mechanical and Production engineering, Option of Production and Logistics

Author: Ossi Niskakangas

Title of thesis: Optimization of Charging Practice for Coal Mixture

Supervisors: Pekka Myllymäki, Esa Törmälä

Term and year when the thesis was submitted: spring 2015 Pages: 57 + 6 appendices

The aim of this thesis was to determine if it is possible and reasonable to optimize a charging process for coke ovens. In this case optimization means easier control of the filling rate, shorter charging time and minimizing the time of coal levelling.

Because of the challenging coking process, the optimization was processed carefully. After the research of the current state, step-by-step testing was chosen for the method to reach the aims. Because the tests were carried out on the terms of the coking process and with limited resources, it was not possible to confirm all the results. The project was helped by the wide experience of the staff at the coking plant.

During the thesis project, some targets for development were found which are worth noticing in addition to the optimization of the charging process. With these development targets it is possible to streamline the charging process even more.

The aims were fulfilled in this final thesis. It was found out that it is reasonable to continue the optimization project forward. In addition to the test ovens, the results of the tests gave the starting values for development of the charging of the other ovens. The optimization does not require considerable resources but the benefits of it can be significant.

Keywords: coal, coke, charging, optimization, coking process

ALKULAUSE

Tämän insinöörityön aihe oli haastava ja mielenkiintoinen. Haluaisin kiittää SSAB Europe Oy:n Raahen koksaamoa mahdollisuudesta työn tekemiseen. Erityiskiitos työnohjaajalleni kehitysinsinööri Pekka Myllymäelle sekä materiaali-tekniikko Jouko Karhumaalle avusta ja ohjeista työn aikana.

Raahessa 21.4.2015

Ossi Niskakangas

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 SSAB	9
2.1 Raahen terästehdas	9
2.2 Koksaamo	9
3 KOKSAUSPROSESSI	11
3.1 Koksautuminen	13
3.2 Koksiuuni	13
3.3 Patterikoneet	14
3.3.1 Panostusvaunu	15
3.3.2 Työntövaunu	17
3.4 Koksipatterien lämmitys	19
3.5 Kivihiili	21
3.5.1 Kivihiilen ominaisuudet	21
3.5.2 Hiiliresepti	22
3.5.3 Irtotilavuuspaino	22
3.5.4 Kivihiiliseoksen vierintä	24
3.6 Grafiitti	25
3.6.1 Hyödyt	26
3.6.2 Haitat	26
3.6.3 Grafiitin muodostuminen	27
3.6.4 Grafiitin poistaminen	28
4 OPTIMOINNIN TOTEUTUS	29
4.1 Testiuunien valinta	29
4.1.1 Uuni 44	32
4.1.2 Uuni 19	33
4.2 Panoskoon optimointi	33

4.2.1 Pintojen mittaaminen	34
4.2.2 Tilavuuden määrittäminen	35
4.2.3 Tasoitustangon liikkeiden selvittäminen	35
4.2.4 Seoksen karisteiden määrän seuraaminen	36
4.2.5 Ongelmat	37
4.3 Vierintäkulman mittaaminen	37
4.4 Ruuvikohtainen optimointi	38
4.4.1 Tasoituksen aloitushetken myöhentäminen	39
4.4.2 Ruuvikierrosten suhteuttaminen tilavuuteen	41
4.4.3 Tasoituspistojen määrän optimoiminen	41
5 TESTIEN TULOKSET	43
5.1 Kivihiilliseoksen vierintäkulman mittaaminen	43
5.2 Ruuvikierrosten suhteuttaminen tilavuuteen	45
5.3 Tasoitustangon liikkeiden vähentäminen	46
5.4 Tasoituksen aloitushetken myöhentäminen	47
5.5 Ruuvien pyöritysnopeuden muuttaminen	47
5.5.1 Nopeat kierrokset	48
5.5.2 Hitaat kierrokset	48
5.5.3 Tasoitusluukun avaushetken myöhentäminen	49
6 PANOSTUSPRAKTIIKAN OPTIMOINNIN JATKAMINEN	50
7 YHTEENVETO	51
7.1 Työn eteneminen	51
7.2 Jatkokehitysideat	53
LÄHTEET	55
LIITTEET	57

1 JOHDANTO

SSAB:llä on kolme koksaamoa, jotka ovat Luulajassa, Oxelösundissa ja Raahessa. Raahen koksaamolla on huomattu tarve kivihiiliseoksen panostusprosessin optimoimiseen. Koksausprosessin optimointia tarjoavat myös ulkomaiset yritykset, mutta Raahen koksaamolla on optimointiin vaadittavaa ammattitaitoa valmiiksi.

Nykyään koksausprosessissa panostetaan kivihiiliseosta koksivuuniin panostusvaunun syöttöruuveilla kolmesta panostusaukosta, kustakin aukosta yhtä nopeasti. Keskimmäisestä panostusaukosta panostettava kivihiiliseosmäärä on suurin. Työntöpuolen panostusaukosta panostettava kivihiiliseosmäärä on toiseksi suurin. Koksipuolen panostusaukosta panostetaan pienin määrä. Tästä syystä keskimäinen syöttöruuvi syöttää kivihiiliseosta uuniin vielä muiden ruuvien py-sähdyttyäkin ja tasoitustanko levittää seosta uunin keskikohdalta uunin molempia päätyjä kohti. Siksi panostuksen loppuajana tehtävän seoksen pinnan tasoituksen aika on pitkäkö, mikä muun muassa lisää raakakaasupäästöjä panostettavasta uunista. Lisäksi uunin yläosiin muodostuu grafiittia, minkä epäillään johtuvan vajaista panostusmääristä. Grafiitin muodostuminen tuo omat vaikeutensa koksausprosessiin.

Työssä selvitetään, onko järkevää optimoida panostusnopeuksia ja panostusmääriä ruuvikohtaisesti. Ensin selvitetään tarvittavat teoreettiset ruuvikohtaiset panostusnopeudet ja -määrät, minkä jälkeen niitä testataan parilla uunilla käytännössä.

Työn tavoitteena on lyhentää panostuksen vaatimaa aikaa, tasoituksen vaatimaa aikaa, sekä optimoida panoksen tasoituksen aloitushetkeä ja helpottaa uunien täyttöasteen hallintaa. Työn lopputuloksena saadaan perusteltu päätelmä siitä, onko panostuksen optimointia järkevää jatkaa muille uuneille. (Liite 1.)

2 SSAB

SSAB on pohjoismainen ja yhdysvaltalainen, maailmanlaajuisesti toimiva teräs-yhtiö. SSAB on markkinajohtaja pitkälle kehitettyjen lujien terästen ja nuorrutus-terästen sekä nauha-, levy- ja putkituotteiden ja rakentamisen ratkaisujen tarjoaja. Yhtiön tavoitteena on tarjota nykyistä kevyempiä, kestävämpiä ja pitkäikäisempiä teräsrakenteita asiakkaille. (1, s. 2.)

Yhtiö valmistaa vuosittain noin 8,8 miljoonaa tonnia terästä. SSAB:llä on tuotantolaitoksia Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Lisäksi muun muassa Kiinassa on terästuotteiden prosessointi- ja viimeistelylaitoksia. Suomessa ja Ruotsissa masuuniprosessi on osa valmistusta, mutta Yhdysvalloissa valmistusprosessi etenee valokaariuunin kautta. SSAB:lla on noin 17 300 työntekijää 50 maassa. (1, s. 24.)

2.1 Raahen terästehdas

SSAB:n Raahen tehdas on perustettu vuonna 1960. Ensimmäinen masuuni alkoi tuottaa rautaa vuonna 1964. Kuumanauhavalssaamon toiminta alkoi vuonna 1971. Tehdasalueen pinta-ala on noin 500 hehtaaria. Pääpaino Raahen tehtaan tuotteilla on erikoisteräksissä. Työntekijöitä on noin 2 400. (2, s. 20.)

Raaka-aineet tulevat tehtaalle ympäri maailmaa. Masuunissa käytettäviä rautapellettejä tuodaan Ruotsista 87 % ja Venäjältä 13 %. Koksaamalla tarvittavaa kivihiililtä tuodaan Pohjois-Amerikasta 62 %, Australiasta 23 % ja loput muualta maailmasta. Tehtaalla käytetään hyväksi myös kierrätysterästä, josta 79 % on omaa materiaalia. Tehtaan prosessit tuottavat myös sähköä, joka käytetään hyväksi prosesseissa. 52 % tehtaalla käytetystä sähköstä on tehtaan omaa tuotantoa. (2, s. 21.)

2.2 Koksaamo

Raahen tehtaalle päätettiin rakentaa koksaamo vuonna 1984. Ensimmäisen koksipatterin muuraaminen alkoi kesäkuussa 1986. Muurauksen valmistuttua

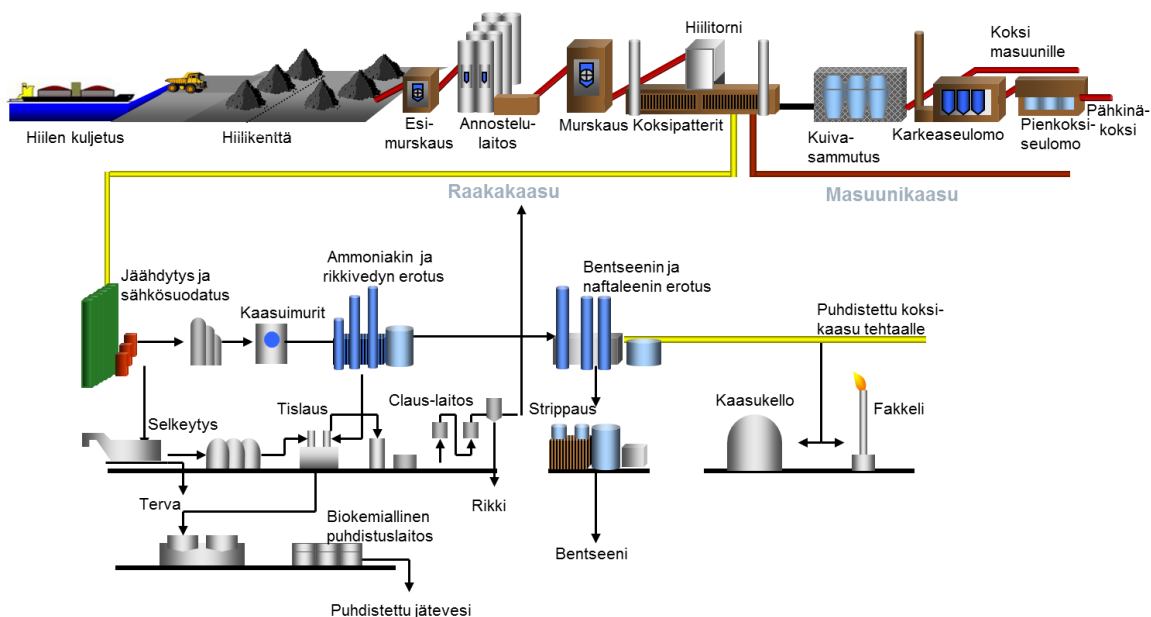
aloitettiin esilämmitys, joka kesti lokakuuhun 1987 asti. Varsinainen tuotanto ensimmäisellä patterilla aloitettiin tämän jälkeen. Uudemman patterin muuraaminen alkoi syyskuussa 1991. Tuotanto toisella patterilla käynnistyi esilämmityksen jälkeen marraskuussa 1992. (3.)

Raahen koksaamo tuottaa koksia noin 2 500 tonnia/vuorokausi, mikä menee pääasiassa tehtaan omaan käyttöön. Suurikokoista koksia, eli halkaisijaltaan yli 16 mm käytetään masuunissa raudanvalmistuksen pelkistysaineena. Pienempi kokoinen koksi toimitetaan koksaamolta joko tehtaan briketöintilaitokselle tai myyntiin. (4.)

Koksin raaka-aineena käytetään rikastettua kivihiiltä. Koska kivihiili tulee kaukaa Pohjois-Amerikasta tai Australiasta, on sitä varastoitava, jotta pystytään turvaamaan jatkuva koksintuotanto logistisissa häiriötilanteissa. Koksaamolla on oma hiilikenttä, jossa on keskimäärin 250 000 tonnia erilaisia kivihiililaatuja varastossa. Kivihiilen vuositarve on noin 1,3 miljoonaa tonnia. (5, s. 4.)

3 KOKSAUSPROSESSI

Koksi valmistetaan kuivatislaukseksi kutsutulla prosessilla koksiiuuneissa. Uuneja Raahen tehtaan koksaamolla on 70, jotka ovat kahdella patterilla. Yhdessä patterissa on 35 uunia. Koksipattereita lämmitetään koksauksen sivutuotteena tulevalla koksikaasulla ja koksikaasun ja masuunikaasun seoskaasulla. Kuvassa 1 on koksaamon pääprosessi, josta selvitys kuvan jälkeen. (5, s. 6.)



KUVA 1. Koksaamon prosessit (5, s. 2)

Kivihiili kuljetetaan satamasta kuorma-autoilla hiilikentälle. Hiilikentällä pyöräkuormaaja lastaa tarkan suunnitelman mukaan eri kivihiililaatuja kuljettimelle, joka vie kivihiilen esimurskaamon kautta annostelulaitokselle. Annostelulaitoksella on kymmenen 750 tonnin vetoista silloa kahdessa rivissä. Annostelulaitoksella kivihiili annostellaan sillojen alta kuljettimelle, joka vie kivihiiliseoksen murskaamolle. Annostelu tapahtuu ennalta laaditun reseptin mukaisesti annostelemalla kutakin kivihiililaatua oikeassa suhteessa. Murskaamalla on kahdenlaisia murskaimia: kaksi vasaramurskainta ja yksi häkkimurskain. Murskaimet murskaavat seoksen keskimäärin 2,35 mm raekokoon. Murskaimelta seos kulkee kuljetinta pitkin koksaamon hiilitorniin, joka on noin 1 900 tonnin välivarasto uuneihin panostettavalle seokselle.

Hiilitornin tilavuus vastaa noin puolen vuorokauden kivihiilenkulutusta koksamolla. (5, s. 5.)

Hiilitornista kivihiiliseos otetaan panostusvaunun kyytiin ja panostetaan työntövaunun avustuksella koksuiuniin. Panostusvaunu panostaa kivihiiliseosta koksuiuniin noin 33 tonnia. Panostuksen lopuksi työntövaunu tasoittaa kivihiiliseoksen pinnan tasoitustangolla. Kivihiiliseosta lämmitetään noin 1 100 celsiusasteisessa uunissa hieman alle 16 tuntia. Koksautuminen tapahtuu hapettomassa tilassa, jolloin kivihiiliseos muuttuu koksiksi. (5, s. 6.)

Lämmityksen aikana hiilestä vapautuu raakakaasua, joka sisältää vetyä 59 %, metaania 24 %, häkää 6 %, hiilidioksidia 2 % ja typpeä 7 %. Raakakaasu ohjataan putkia pitkin sivutuotelaitokselle, jossa siitä erotellaan eri ainekset jatkokäsittelyä varten. Puhdistettua koksikaasua palautetaan takaisin patterille, jossa sitä käytetään uunien lämmitykseen. Osa kaasusta menee tehtaalte muuhun käyttöön. (5, s. 12.)

Koksauksen jälkeen koksikakku työnnetään läpi koksuiunista koksikuupaan, jonka veturi kuljettaa kuivasammutuslaitokselle sammutettavaksi.

Poikkeustilanteessa Raahen koksamolla käytetään myös märkasammutusta. Märkasammutuksessa koksikuupaan lasketaan nopeasti suuri määrä vettä, jolla koksi saadaan jäähtymään. Sammutukseen tullessa koksi on noin 1 050 celsiusasteen lämpöistä. Kuivasammutuslaitoksessa koksi sammutetaan kiertotypellä. Typpeä kiertää sammutusprosessissa jokaisessa kolmessa yksikössä noin 80 000 m³/h. Kaasu kuumentuu sammutusprosessissa noin 800 celsiusasteeseen. Kuivasammutuslaitoksen läpimenoaika koksille on noin 5 tuntia. Kuumalla typellä lämmitetään vedestä höyryä, joka toimitetaan tehtaan voimalaitokselle sähköntuotantoa varten. (5, s. 8.)

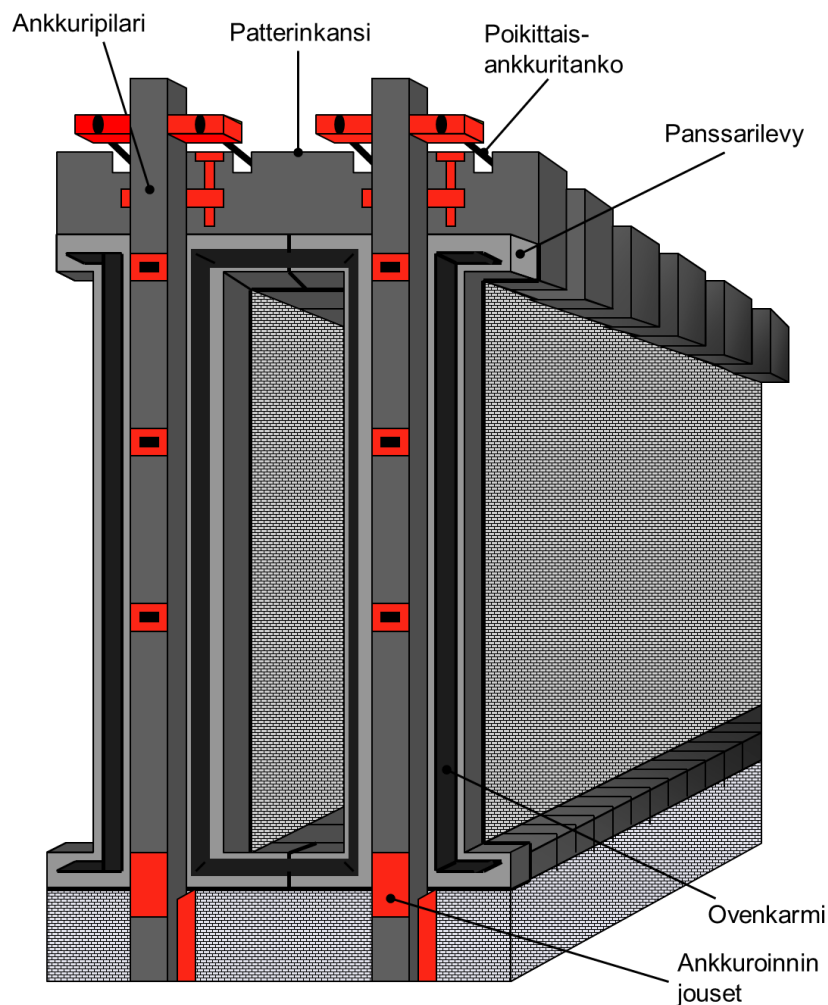
Sammutuksen jälkeen koksi seulotaan eri kokoluokkiin. Masuunikelpoinen koksi toimitetaan kuljetinta pitkin masuunille raudan valmistukseen. Muut kokoluokat toimitetaan joko tehtaan briketöintilaitokselle tai myyntiin. (5, s. 9.)

3.1 Koksautuminen

Koksiuunissa koksautuminen etenee kivihiilipatjan reunoista kohti patjan keskustaa. Kivihiiliseoksen lämmitessä kohti 200 celsiusastetta alkaa siitä poistua kosteutta. Kosteuden poistuttua lämpötilan noustessa alkaa kehittyä metaania, hiilidioksidia ja häkää. Samalla kivihiilipartikkelit pehmenevät ja pyöristyvät. Kivihiiliseos muuttuu fluidimaiseksi. Kun lämpötila ylittää 500 celsiusastetta, fluidimainen eli juokseva kivihiili jähmettyy muodostaen puolikoksia. Vety kaasuuntuu kivihiilestä noin 700–800 celsiusasteessa. Kivihiilipatja kutistuu ja irtoaa seinistä lämpötilan noustessa yli 1 000 celsiusasteen. Koksikakun keskikohta on täysin koksautunut noin 16 tunnin paiston jälkeen Raahen koksamolla. Koksautusaika riippuu pitkälti kivihiilen ominaisuuksista, määrästä ja uunien lämpötiloista. (11, s. 1 - 2.)

3.2 Koksiuuni

Yhdessä koksipatterissa koksiuuneja on 35. Yhden uunin leveys on 41 cm, korkeus 7 metriä ja pituus 16 metriä. Hyötytilavuutta uunilla on 41,6 m³. Yhdessä purussa uunista saadaan noin 24,3 tonnia koksia. (15.)



KUVA 2. Koksiuunin rakenne (6, s. 1)

Uunien välissä on lämmityseinät, joissa on lämmityshormisto. Lämmityshormistossa virtaa uunien lämmityskaasu. Seinämän paksuus uunin ja hormiston välissä on 10 cm. Uunit on muurattu tulenkestävistä tiilistä. Koksipatterin muuraustyön väitetään olevan vaikein mahdollinen. (15.)

3.3 Patterikoneet

Koksaamon prosessissa operoi jatkuvasti neljä erilaista patterikonetta. Työntövaunu aloittaa operoinnin avaamalla uunin työntöpuolen oven. Ovenavausvaunu avaa koksiuunin oven samaan aikaan. Seuraavaksi ovenavausvaunu työntää uunille koksinohjaimen eli koksikorin. Tämän jälkeen työntövaunu työntää koksikakun ovenavausvaunun koksinohjaimen läpi koksiuupaahan, jonka veturi on tuonut purettavalle uunille. Työnnön jälkeen ovet

ja oven karmit puhdistetaan molemmilta puolin uunia. Uuni suljetaan, ja tämän jälkeen panostusvaunu tulee panostamaan sen. Panostuksen loppuvaiheessa työntövaunu tasoittaa hiiliseoksen pinnan tasoitustangolla. Veturi kuljettaa koksen koksikuupassa kuivasammutuslaitokselle kuivasammutukseen. (7.)

Jokaiselle patterikoneelle on varavaunu, joka otetaan käyttöön varsinaisen vaunun rikkouduttua tai huoltopäivänä. Koksausprosessia ei voi keskeyttää pitkäksi aikaa, joten varakoneiden on oltava käyttövalmiina koko ajan. (7.)

3.3.1 Panostusvaunu

Tässä työssä keskitytään panostusvaunun ja työntövaunun kanssa toimimiseen, joten niistä on tarkempi analyysi. Panostusvaunu (kuva 3) kulkee koksipatterin päällä kiskoja pitkin. Vaunussa on jokaiselle kuvan 3 mukaiselle panostusruuville oma siilo, joihin vaunu hakee kivihiiliseoksen hiilitornista. Täydessä kivihiiliseoslastissa vaunu ajaa panostettavalle koksiiunille. Vaunulla operoidaan aina joko parittomia tai parillisia uuneja. Uunia panostettaessa pystytään puhdistamaan samanaikaisesti seuraavaksi operoitavan joko parillisen tai parittoman uunin nousuputket ja panostusaukot. Kun kivihiiliseos on saatu panostettua uuniin ja vaunu lähtee hakemaan uutta kivihiiliseoslastia, työntövaunu alkaa ovivaunun kanssa purkamaan seuraavaksi panostettavaa uunia. (7.)

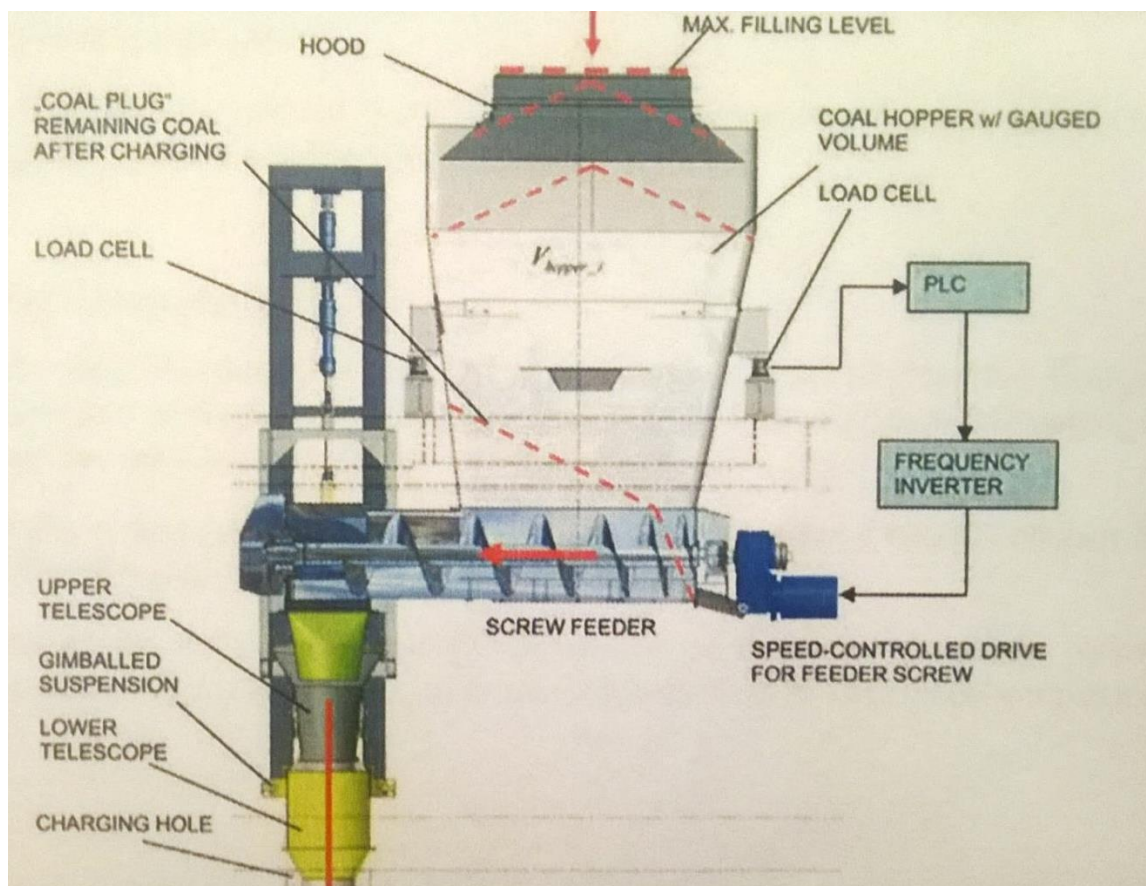


KUVA 3. Panostusvaunu itäinen ylhäältä kuvattuna

Nousuputkien puhdistaminen tapahtuu niin sanotun kävyn avulla. Raskas metallinen käpy pudotetaan nousuputkeen riittävältä korkeudelta. Tämän jälkeen se nykäistään ylös kettingin avulla. Käpy pitää putken auki koksilta ja tervalta, joita sinne prosessissa kertyy. Puhdistettavat panostusaukot puhdistetaan pyörittämällä reiässä poran kaltaista puhdistinta. Pora avaa panostusaukon ja estää näin ollen sen tukkeutumisen seuraavan panostuksen aikana. (7.)

Panostusvaunu syöttää seoksen uuniin kuvassa 4 näkyvää ruuvisyötintä myöten. Panostettavia seosmääriä pystytään säätämään ruuvien pyörittämiä kierroslukumääriä muuttamalla. Tällä hetkellä kukin ruuvi syöttää seosta uuniin yhtä nopeasti. Ruuvien syöttämä seosmäärä kierrosta kohden tiedetään hiilisiiloissa olevien vaakojen avulla. Panostusvaunun ohjelma laskee vaakojen antamien arvojen perusteella uuniin panostettavan seoksen määrän yhtä syöttöruuvien kierrosta kohden. Näiden tietojen avulla tiedetään kuinka paljon kivihiiliseosta uuniin sopii. Panostuksen alkuvaiheessa ruuvit pyörittävät kivihiiliseosta uuniin

nopeammin kuin lopuksi, koska työntövaunu aloittaa hiilen pinnan tasoituksen ruuvien vielä pyöriessä. Mikäli ruuvit pyörisivät tasoituksen aikana yhtä nopeasti kuin tasoituksen ollessa käynnissä, panostusruuvi tukkeutuisi liiasta hiilestä. Ruuvi tukkeutuu, koska tasoitustanko ei ehtisi siirtää seosta panostusaukolta pois. (7.)



KUVA 4. Panostusruuvin rakenne (8, s. 47)

3.3.2 Työntövaunu

Työntövaunuja on koksaamolla kaksi. Itäinen, jota kutsutaan Igoriksi ja läntinen, jota kutsutaan Schalkeksi. Kuvassa 5 on Schalke-työntövaunu. Itäinen vaunu on venäläisvalmisteinen ja läntinen vaunu saksalaisvalmisteinen. Läntinen vaunu on pääsääntöisesti ajossa ja itäistä vaunua käytetään varavaununa läntisen rikkouduttua tai ollessa huollossa. (7.)



KUVA 5. Schalte-työntövaunu

Työntövaunussa on työntötanko ja tasoitustanko, joilla se operoi uuneja. Työntötangolla työnnetään koksikakku ulos koksiuunista ja tasoitustangolla tasoitetaan panostettavan seoksen pinta, jotta kaasut pääsisivät virtaamaan koksiuunissa oikein. (7.)

Tasoitustanko on kokonaisuudessaan noin 19 m pitkä, 28 cm leveä ja 28 cm korkea. Tanko on avonainen yläosasta ja pohjasta, jotta kivihiiliseos pääsee virtaamaan tangon lävitse vertikaalisuunnassa. Tangossa on tasaisin välein pystylevyjä, jotka levittävät kivihiiliseosta tangon liikkuesssa. (9.)

Tasoitustanko tekee nykytilanteessa kolmenlaisia tasoituksia: lyhyitä, keskipitkiä ja pitkiä. Tasoitus alkaa lyhyillä tasoituksilla, joiden aikana jokainen panostusruuvi vielä syöttää hiiltä uuniin. Lyhyissä tasoituksissa tangon kärki liikkuu uunin koksipuolen päädyn ja koksipuolen panostusreiän välillä.

Kun koksipuolen ruuvilta on panostettu seos uuniin, siirtyy tasoitus keskipitkiin tasoituksiin. Keskipitkissä tasoituksissa tangon pää liikkuu koksipuolen päädyn ja keskimmäisen panostusreiän välillä.

Kun panostusvaunu on panostanut tarvittavan panoksen uuniin, tulee sieltä tieto työntövaunulle, joka tekee loppupitkät tasoitukset. Niissä tasoitustangon pää liikkuu lähes koko uunin matkalla. Ulos tullessa tanko vetää uunista ylimääräiset hiilet eli tasoituskaristeet pois uunista. Karisteet punnitaan ja tietojen avulla pystytään tekemään päätelmiä uunin täyttöasteesta. Tasoitusohjelma on tällä hetkellä seuraavanlainen: neljä lyhyttä tasoitusta, yhdeksän keskipitkää tasoitusta ja kaksi pitkää tasoitusta. (8.)

3.4 Koksipatterien lämmitys

Koksiuunien lämmityksellä on suuri merkitys hiilen panostukseen ja grafiitin muodostumiseen liittyvissä asioissa ja näin myös tämän työn aiheeseen. Tästä syystä perehdytään lämmitykseen tarkemmin.

SSAB:n Raahen koksaamolla on kaksi koksipatteria: ensimmäinen ja toinen. Pattereista ensimmäistä eli vanhempaa lämmitetään seoskaasulla ja toista koksikaasulla. Seoskaasu sisältää noin 7 % koksikaasua ja 93 % masuunikaasua. (5.)

Masuunikaasua muodostuu masuunissa raudan valmistusprosessin yhteydessä, kun ilmaa puhalletaan masuunin panoksen läpi. Masuunilta tuleva kaasu ja koksikaasu sekoitetaan koksaamon kaasunsekoitusasemalla. Tarvittava lämpöarvo on 4 800 KJ/ Nm³. Masuunikaasun lämpöarvon on 3 350 KJ/nm³ ja koksikaasun 17 600 KJ/nm³. Patterin toiminnan kannalta on tärkeää, että kaasun lämpöarvo pysyy tasaisena. Lämpöarvon vakioimiseksi patterilla on jatkuvatoiminen kalorimetri, jonka mittauksen perusteella kaasujen virtausten suhdetta säädetään kaasun lämpöarvon ja -määrän pitämiseksi optimaalisena. Seoskaasua virtaa patterille noin 42 000 m³ tunnissa. (10, s. 2.)

Yhdessä patterissa on lämmitysseiniä 36: yksi jokaisen uunin välissä ja patterin päädyissä yhdet. Yhdessä lämmitysseinämässä on 32 lämmityshormia tasaisin välein. Hormin korkeus on 6,1 metriä. (10, s. 5.)

Yksinkertaistettuna lämmitys toimii seuraavasti: Seoskaasu tai koksikaasu ohjataan uunien välissä olevien lämmityshormien pohjaan. Palamisessa tarvitaan

myös happea, joten lämmityshormien pohjaan tulee myös ilmaa. Kaasu syttyy hormissa ja lämmittää uunien seinämiä. (10, s. 1 - 5.)

Lämmityshormit toimivat aina pareittain. Toinen on nousevassa virtauksessa ja toinen laskevassa virtauksessa. Tämä tarkoittaa sitä, että nousevassa virtauksessa oleva kaasu palaa hormissa ja laskevassa virtauksessa olevassa hormissa virtaa palamiskaasut. Kaasun virtauksen suuntaa vaihdetaan niin kutsutulla suunnanvaihdolla 20 minuutin välein. Palamisessa syntyvät palokaasut johdetaan omaa reittiä pitkin savupiippuihin ja siitä taivaalle. (10, s. 3.)

Koksausprosessin kannalta on tärkeää, että koksivuunit lämpiävät tasaisesti niin pituus- kuin korkeussuunnassakin. Tästä syystä hormiparit ovat tasaisesti uunien matkalla. Uunien lämpötilaa säädetään suunnanvaihtojen välissä tehtävällä huuhtelulla ja uuneihin syötettävällä kaasunpaineen muutoksilla. (10, s. 5.)

Huuhtelulla tarkoitetaan aikaa suunnanvaihtojen välissä, jolloin hormoneihin ei syötetä ollenkaan lämmityskaasua. Huuhtelu aika voi olla esimerkiksi 100–150 sekuntia. Huuhtelu aikaa lyhentämällä lämpötiloja nostetaan ja vastaavasti huuhtelu aikaa pitentämällä lämpötiloja lasketaan. Uunin korkeussuuntaista lämpötilaa pyritään pitämään tasaisena kiinnittämällä huomiota nousevassa virtauksessa olevan kaasun palamisliekin ominaisuuksiin. Palamisliekin pituutta ja kuumennusominaisuuksia pystytään säätämään muuttamalla vetoa ja hormiin tulevan ilman määrää. (10, s. 5.)

Hormien lämpötiloja seurataan säännöllisesti suoritettavilla lämpötilamittauksilla. Patterilla työskentelevät kaasumiehet mittaavat hormien lämmöt patterin kannelta, hormien yläpuolelta. Lämmöt mitataan pyrometriksi kutsutulla laitteella hormien pohjasta. Myös ulostyönnettävän koksen lämpötilaa seuraamalla voidaan tehdä päätöksiä hormien lämpötilojen muuttamisesta. Ovenavausvaunun koksikorissa on kuusi pyrometriä, jotka mittaavat läpi tulevan koksikakun lämpötilaa eri kohdista.

3.5 Kivihiili

Koksausprosessissa käytettävältä kivihiileltä vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, että siitä pystytään ylipäättään valmistamaan koksia. Murskaimilta hiilitorniin ajettavaa kivihiiltä seurataan säännöllisesti hiilitornissa yleismiehen tekemillä hiilinäytteillä. Hiilen ajon aikana kuljettimelta otetaan noin kilon painoinen hiilinäyte, joka punnitaan tarkasti. Näyte laitetaan noin 110–120- celsiusasteiseen uuniin kahdeksi tunniksi, minkä jälkeen näyte punnitaan uudelleen. Kahdessa tunnissa näytteestä on haihtunut kosteus, joten vertaamalla alkuperäiseen painoon saadaan kivihiiliseokselle kosteusprosentti. Tavoitearvona kosteudelle on pidetty 8 %, mutta varsinkin talviaikaan hiilen kosteus nousee tätä suuremmaksi. Kesäaikana kivihiili kuivuu, joten sitä pitää kastella kosteusprosentin hyvänä pitämiseksi. (16.)

Hiilinäytteestä otetaan myös hiilelle raekokojakauma. Näyte seulotaan ja siitä saadaan keskiarvo raekoolle. Tavoitearvo on noin 2,4–2,5 mm. Kun keskimääräinen raekokojakauma tiedetään, osataan säätää murskaimen kierrosnopeuksia oikeaksi. (16.)

3.5.1 Kivihiilen ominaisuudet

Kivihiilen hiilipitoisuus riippuu sen iästä. Mitä vanhempaa kivihiili on, sitä enemmän siinä on hiiltä. Kivihiilen metamorfoosi- eli muodonmuutosaste mitataan yleensä sen haihtuvapitoisuudella. Koksausprosessissa käytettävien kivihiilten haihtuvapitoisuus liikkuu 14–42 % välillä, mutta on yleensä 24,5–28,5 %. Mahdollisimman suuren koksintuotannon kannalta olisi hyvä käyttää matalahaihtuvaisia hiiliä. Tätä kuitenkin rajoittaa niiden synnyttämä liian korkea koksauspaine, joka saattaisi vahingoittaa koksiouneja. Korkeahaihtuvaisten hiilien käyttöä rajoittaa pienenevä koksintuotanto ja huononeva koksen laatu. (17, s. 12.)

Raahen koksaamolla joudutaan tekemään kompromisseja hiilen valinnassa. Hyvälaatuiset koksaushiilet ovat haluttuja ja näin myös kalliita. Huonompilaatuiset hiilet tuovat omat ongelmansa koksausprosessiin grafitoitumisen ja huonomman koksilaadun myötä. Raahen koksaamolla siis sekoitetaan eri kivihiililaatuja ja säädellään näin saatavan koksen laatua ja -määrää. (17, s. 12.)

3.5.2 Hiiliresepti

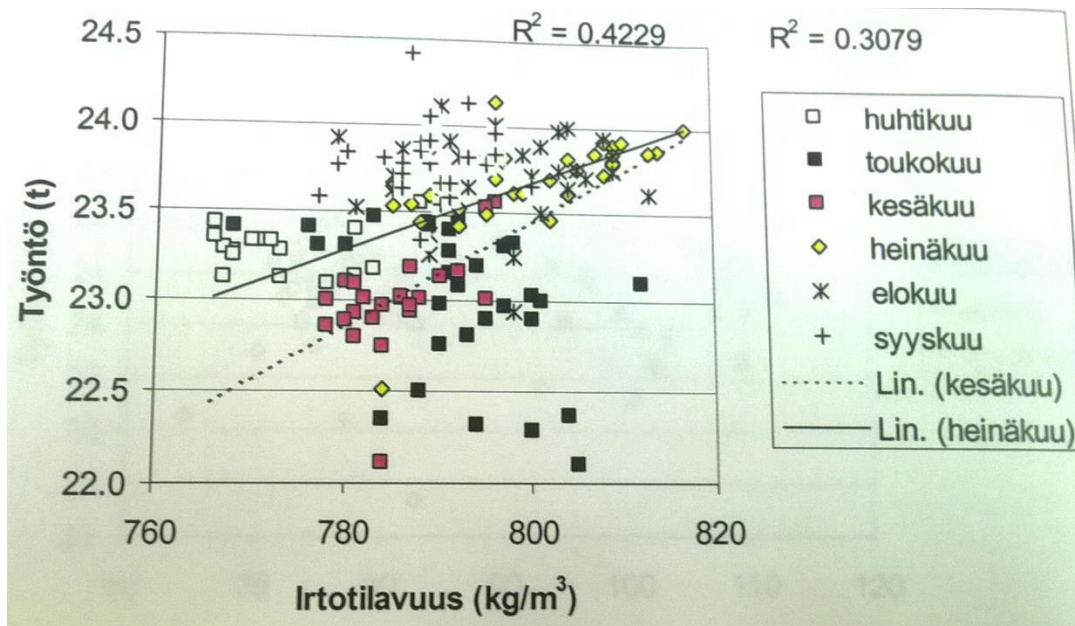
Raahen koksaamolla käytettävää hiilireseptiä vaihdellaan halutun koksilaadun mukaan. Tällä hetkellä resepti koostuu kuudesta eri hiililaadusta. Hiiliresepti on tällä hetkellä taulukon 1 mukainen. Käytettäviä kivihiililaatuja ei voi julkaista.

TAULUKKO 1. Kivihiiliseoksen 282 komponentit (liite 6)

Hiililaatu	Prosenttiosuus
Kivihiililaatu 1	44
Kivihiililaatu 2	15
Kivihiililaatu 3	16
Kivihiililaatu 4	11
Kivihiililaatu 5	8
Kivihiililaatu 6	6

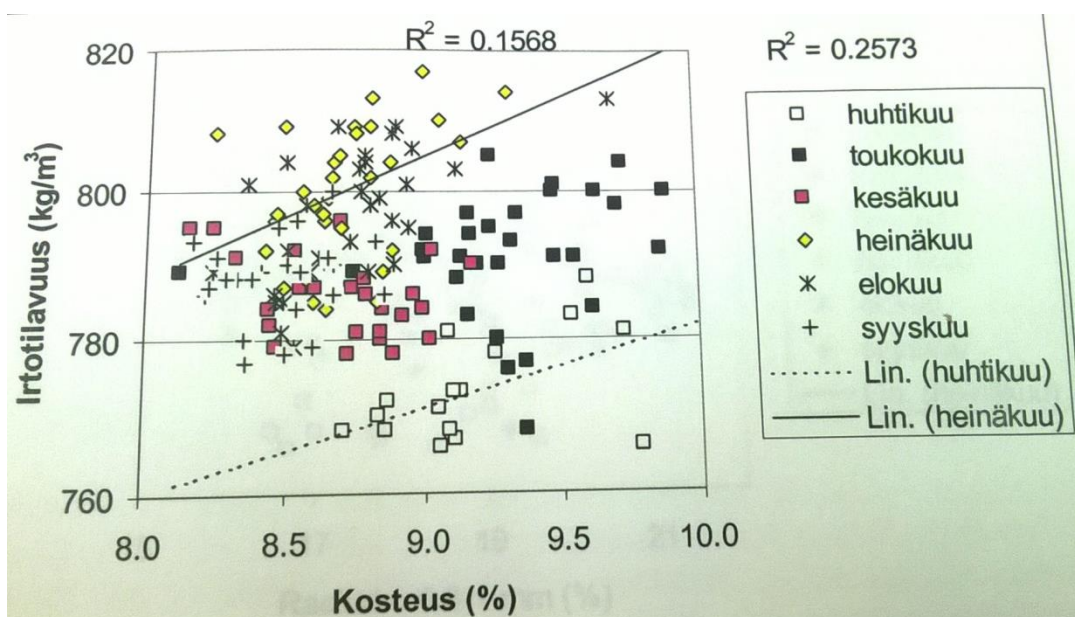
3.5.3 Irtotilavuuspaino

Kivihiilellä on niin kutsuttu irtotilavuuspaino, joka vaihtelee riippuen hiilen raekoosta ja kosteudesta. Irtotilavuuspainolla tarkoitetaan kivihiiliseoksen tiheyttä, kun se pudotetaan tietyltä korkeudelta maahan. Irtotilavuudella on suuri merkitys saatavan koksen määrään. Kuten kuvasta 6 voidaan päätellä, mitä suurempi on panostettavan hiilen irtotilavuus, sitä enemmän saadaan valmista koksia (12, s.7).



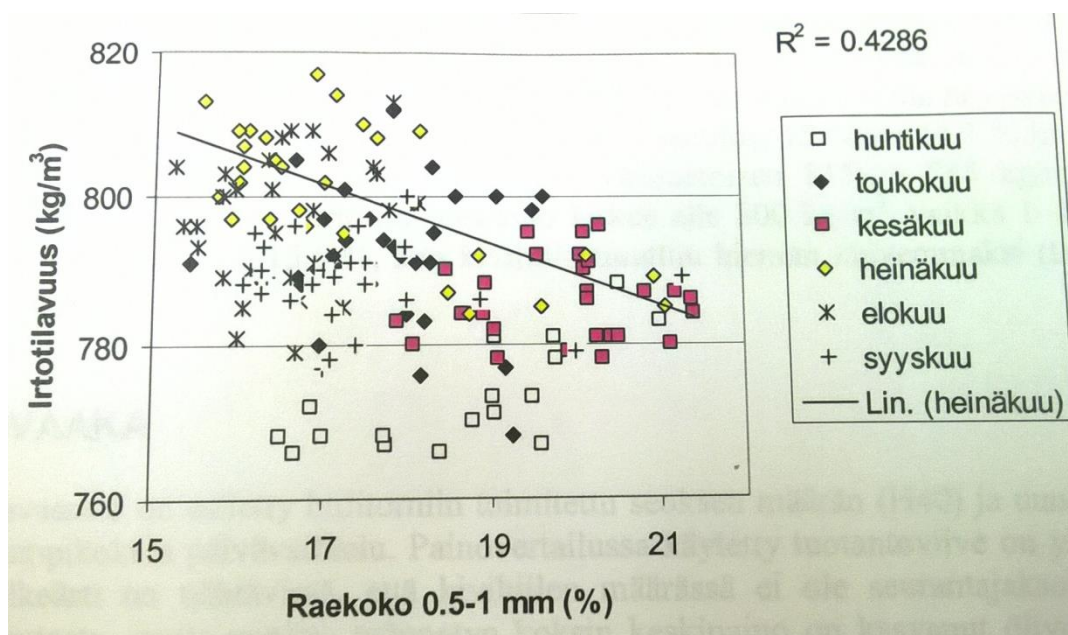
KUVA 6. Kivihiiliseoksen irtotilavuuspaino ja uunista työnnetyn koksen nettopaino (12, s. 7)

Kivihiilen kosteus vaikuttaa merkittävästi kivihiilen irtotilavuuteen. Koksaamalla hiilen kosteus liikkuu 8 - 10 %:ssa millä välillä pysyessä hiilen irtotilavuuspainokin muuttuu. Kuvasta 7 voidaan karkeasti arvioida, että prosenttiyksikön kosteudenmuutos vaikuttaa irtotilavuuspainoon 10 - 15 kg/m³. (12, s. 7.)



KUVA 7. Kivihiiliseoksen kosteus ja irtotilavuuspaino (12, s. 4)

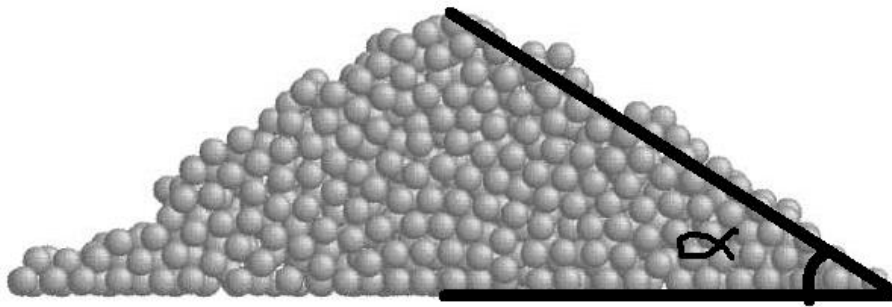
Irtotilavuuspainoon vaikuttaa myös hiilen raekoko. Karkeasti voidaan sanoa, että mitä vähemmän hiilessä on pientä rautaa, sitä suurempi sen irtotilavuuspaino on. Kuten kuvassa 8 näkyy, hiilessä olevien pieneten rakeiden 0,5 - 1 mm määrän pieneneminen 21 %:sta 15 %:iin lisäsi testien mukaan irtotilavuutta 20 - 30 kg/m³. (12, s. 5.)



KUVA 8. Kivihiilen raekoko 0,5 - 1 mm ja irtotilavuuspaino (12, s.5.)

3.5.4 Kivihiiliseoksen vierintä

Kaikilla rakeisilla materiaaleilla on oma vierintäkulma. Vierintään vaikuttaa moni seikka. Suurimpia tekijöitä ovat kosteus ja raekoko. Lisäksi materiaaliin lisättävillä lisäaineilla pystytään vaikuttamaan juoksevuuteen eli vierintään. Koksamolla seoksen vierinnän parantamisessa on käytetty öljyä. Seoksen vierinnällä on vaikutusta panostustoimintaan ja ennen kaikkea materiaalin käyttäytymiseen tasoituksessa. Mitä suurempi kuvassa 9 esitetty hiilen vierintäkulma on, sitä enemmän seoksen kasojen huippuja täytyy tasoittaa.

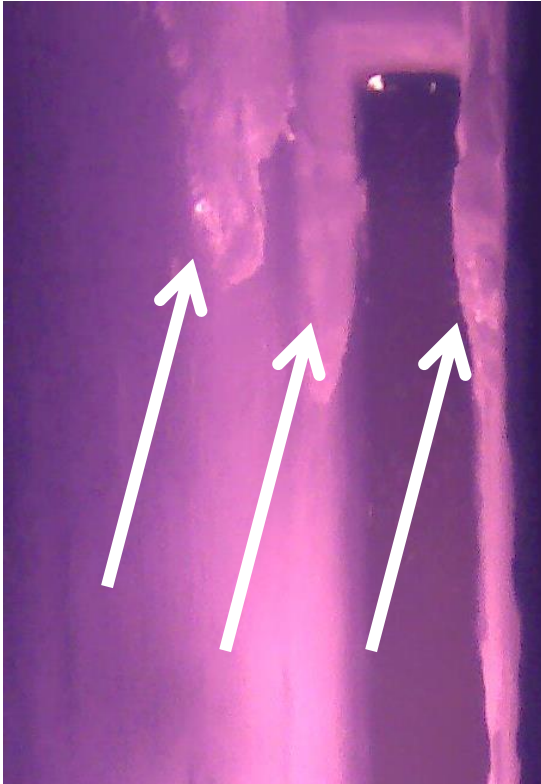


KUVA 9. Hiilen vierintäkulma

On olemassa oletus, että materiaalin kosteuden kasvaminen vaikuttaa vierintäkulmaan kasvattavasti. Mitä suurempi kosteus on, sitä huonommin kivihiili vierii. Toisin päin, mitä kuivempaa kivihiili on, sitä paremmin se vyöryy ja sitä vähemmän kivihiilikasojen huippuja täytyy tasoittaa. Öljyn lisääminen vaikuttaa hiilen vierintään parantavasti eli vierintäkulma pienenee. Öljymäärän lisääminen kasvattaa myös hiilen irtotilavuuspainoa. Hiilen vierieessä paremmin se pakkautuu tiiviimmin. (13.)

3.6 Grafiitti

Koksiuuneihin kertyy grafiitiksi kutsuttua kuvan 10 mukaista kovaa ainesta, josta on sekä haittaa että hyötyä koksausprosessille. Grafiitti ei ole täysin oikea nimitys uunissa olevalle hiilimuodostumalle, mutta koska se on yleisesti käytössä koksaamoilla, niin käytän sitä myös tässä työssä. Grafiittia on hyvä olla ohut tasainen kerros seinissä, mutta liiasta grafiitista on vain haittaa koksausprosessille. (14, s. 49.)



KUVA 10. Grafitoitunut uunin yläosa

Grafiittia kertyy uunin seinämiin, kattoon, panostusaukkoihin ja nousuputkiin eli joka paikkaan, missä kivihiili tai raakakaasu on tekemisissä kuuman ilman kanssa. Grafiitin rakenteella ei ole merkitystä työn kannalta. (14, s. 49.)

3.6.1 Hyödyt

Grafiitista on pienissä määrin hyötyä koksausprosessin kannalta. Koksivuunin seinämiin kertyvä ohut grafiittipinnoite helpottaa koksikakun työntämistä koksivuunista ulos. Grafiitti liukastaa uunin pintaa, joten koksikakun ja seinän välinen kitka pienentyy. Grafiitti myös tiivistää uunin seiniä ja yläosia. (14, s. 51.)

3.6.2 Haitat

Kun grafiitin paksuus seinässä kasvaa jopa muutamiin senttimetreihin, alkavat ongelmat. Koksikakua ulos työnnettäessä tila koksikakun ja seinän välissä jää olemattomaksi, joten kakku ei pääse liikkumaan vapaasti uunista ulos. Kun uunia purettaessa työntötanko työntää kakkua eteenpäin, seinämissä olevat gra-

fiittipahkat lisäävät tarvittavaa työntövoimaa. Liiallinen työntövoima saattaa aiheuttaa lämmitysseinämien rikkoutumisen, joten se on rajoitettu tiettyyn määrään. Mikäli rajattu työntövoima ei riitä työntämään koksikakkua ulos, se on ”kuokittava” uunista. Kuokkiminen on hidasta ja voi olla jopa vaarallista. Kuokkiminen vie paljon resursseja ja aiheuttaa tuotantotappioita. Sitä pyritään siis välttämään kaikin keinoin. (14, s. 50.)

Lisääntynyt grafiitin määrä uunin seinämissä aiheuttaa myös uunin tilavuuden pienenemistä. Koska prosessi on jatkuva ja ympärivuotinen, pienetkin tilavuuden pientymiset uuneissa aiheuttavat suuria tuotannollisia tappioita.

Grafiitti uunin panostusaukoissa haittaa ja hidastaa panostusprosessia. Koksiuunin panostusaukot ovat melko pieniä, ja niiden läpi syötetään suurella vauhdilla seosta panostusvaunusta. Panostusaukkoihin muodostuva grafiitti pienentää aukkoa, jonka läpi hiiliseos menee uuniin. Pahimmassa tapauksessa grafiitti saattaa tukkia koko panostusaukon.

Tukkiutunutta panostusaukkoa ei välttämättä aina näe panostusvaunusta, joten panostus saatetaan aloittaa tukoksesta huolimatta. Tämän seurauksena panostusruuvi tukkiutuu. Tukon avaaminen on aina hidas ja työläs prosessi, mikä aiheuttaa jälleen tappioita tuotannossa. Lisäksi työntekijöiden altistuminen haitallisille kaasuille lisääntyy.

3.6.3 Grafiitin muodostuminen

Grafiitin muodostumiseen uuniin vaikuttavat tärkeimpinä tekijöinä uunin lämpötila ja käytettävän kivihiiliseoksen kosteus. Kivihiilestä ei muodostu grafiittia, mikäli lämpötila ei nouse riittävän korkeaksi. Eri tutkimukset osoittavat, että grafiitin muodostus kasvaa voimakkaasti, kun uunin tyhjän tilan lämpötila nousee yli 800 celsiusasteeseen. (14, s. 42.)

Kivihiilen kosteuspitoisuuden kasvaminen lisää grafiitin muodostumista. Kahdeksan prosenttia on ratkaiseva raja, jonka yli mentäessä grafiitin muodostus alkaa kasvaa voimakkaasti. Tämän arvellaan johtuvan siitä, että lämmönsiirtyminen muuttuu kosteuspitoisuuden muuttuessa. (14, s. 46.)

3.6.4 Grafiitin poistaminen

Grafiitin poistaminen uuneista on vaikeaa ja hidasta korkeiden lämpötilojen takia. Grafiitin poistaminen aiheuttaa jälleen tuotantokatkoksia ja tätä myöten tuotantotappioita. Lisäksi se aiheuttaa nopeutuvan kierteen grafiitin poistamisessa. Grafiittia poistettaessa uunin pinta saattaa vahingoittua, mistä seuraa se, että siihen voi muodostua aiempaa helpommin uutta grafiittia. Grafiittia poistetaan yleensä joko mekaanisesti tai päästämällä ilmaa tyhjään uuniin eli polttamalla.

Paras keino prosessin haittojen minimoimiseksi on kuitenkin grafiitin muodostumisen välttäminen. Se on vaikeaa, sillä prosessin optimoiminen on eri muuttujien kanssa kompromissien tekemistä. Tässä työssä keskitytään grafiitin muodostumisen välttämiseen uunin panostamiseen liittyvillä asioilla.

4 OPTIMOINNIN TOTEUTUS

Työn käytännön toteutus alkoi huolellisella perehtymisellä koksaamon prosessiin ja toimintatapoihin. Asiat olivat jollakin lailla tuttuja aikaisemman työkokemuksen takia, mutta asioita tutkiessa tuli myös paljon uutta asiaa, johon ei aikaisemmissa työtehtävissä ollut tarvinnut perehtyä.

4.1 Testiuunien valinta

Testiuunien valinta oli tehtävä huolellisesti, jotta minimoidaan riskit, joita muutostyöt aiheuttavat. Riskeinä panostuskokeiluja tehtäessä ovat panostusruuvin tukkeutuminen tai pahimmassa tapauksessa jumiuuni. Selvitysten ja koksaamon henkilöstön kokemuksen perusteella päädyttiin valitsemaan testiuuneiksi mahdollisimman vähän hankaluuksia tuottavat uunit. Hankaluuksia tavallisesti tuottavat grafiitin muodostuminen ja muut uunissa olevat viat kuten mutkat uunien seinämissä.

Uunien valinnassa käytettiin hyväksi sitä datamäärää, joka koksaamalla on kerätty aikojen kuluessa. Haasteena oli datan paljous. Oli vaikea löytää tarvittava oleellinen tieto.

Koksiuuneista otetaan valokuvia automaattisesti ennen jokaista purkua sekä jokaisen purun jälkeen. Näistä kuvista voidaan seurata grafiitin hiljalleen kertymistä uuneihin. Jokaisesta uunista löytyy näitä otettuja valokuvia pitkältä ajalta. Lisäksi jokaisesta puruista jää tarkat tiedot järjestelmän muistiin. Näistä tiedoista voidaan koostaa esimerkiksi Exceliin hyvin havainnollisia kuvaajia, joiden perusteella voidaan myös tehdä päätelmiä uunien kunnosta. Näiden tietojen avulla karsittiin uunimäärää pienemmäksi, jotta testiuunin valinta helpottuisi.

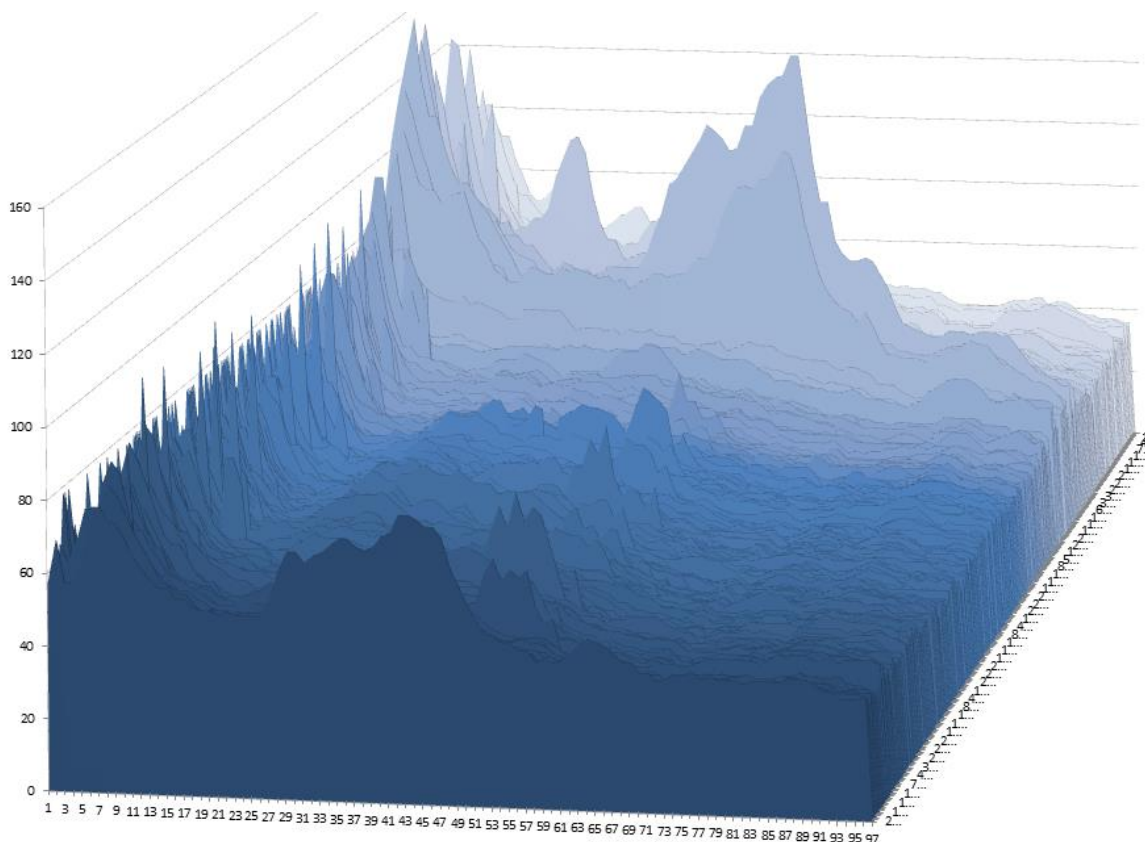
Kuvassa 11 automatiikan ottama valokuva juuri tyhjänä tyhjänä koksiuunista. Silmäämääräisesti kuvasta voidaan arvioida uunissa olevan grafiitin määrää. Kuvan uuni on niin sanotusti hyvässä kunnossa. Uunin seinissä ei ole juurikaan grafiittia. Uunin yläosan holvissa sitä on jonkin verran, mutta ei normaalia enempää.



KUVA 11. Tyhjäksi työnnetty koksiuuni (12)

Uunista otettuja kuvia verrattiin työntötehojen historiatiedoista muodostettuihin kuvan 12 mukaisiin kuvaajiin. Kuvasta nähdään, ettei uuni ole viime aikoina ottanut suuria työntötehoja. Terveen uunin työntötehot irrotusvaiheessakin ovat tavallisesti alle 100 kilowattia. Kuvaajan käyrien vasen laita on työnnön aloitushetki ja oikea laita työnnön läpimenohetki. Kuten kuvaajasta näkee, vaadittava työntöteho laskee mitä pidemmälle työntö etenee. Tämä on seurausta koko ajan pienenevästä työnnettävästä massasta. Mikäli uunissa olisi loppuvaiheella grafiittia, uuni saattaisi ottaa huomattavankin paljon työntötehoa. Kuvassa haa-

lealla näkyvät käyrät ovat vanhempia työntöjä. Kuvasta näkee, kuinka työntötehot ovat olleet joskus korkealla luultavasti grafiitin takia.



KUVA 12. Historiatietoja edellisistä työnnöistä (12)

Tarkistin edellä esitetyt kuvat kaikista uuneista. Kuvien perusteella karsin joukosta pois kaikki sellaiset uunit, joissa oli paljon grafiittia väärissä paikoissa ja jotka ottivat tai ovat lähiaikoina ottaneet paljon työntötehoa. Uuneja jäi jäljelle kaikkiaan seitsemän.

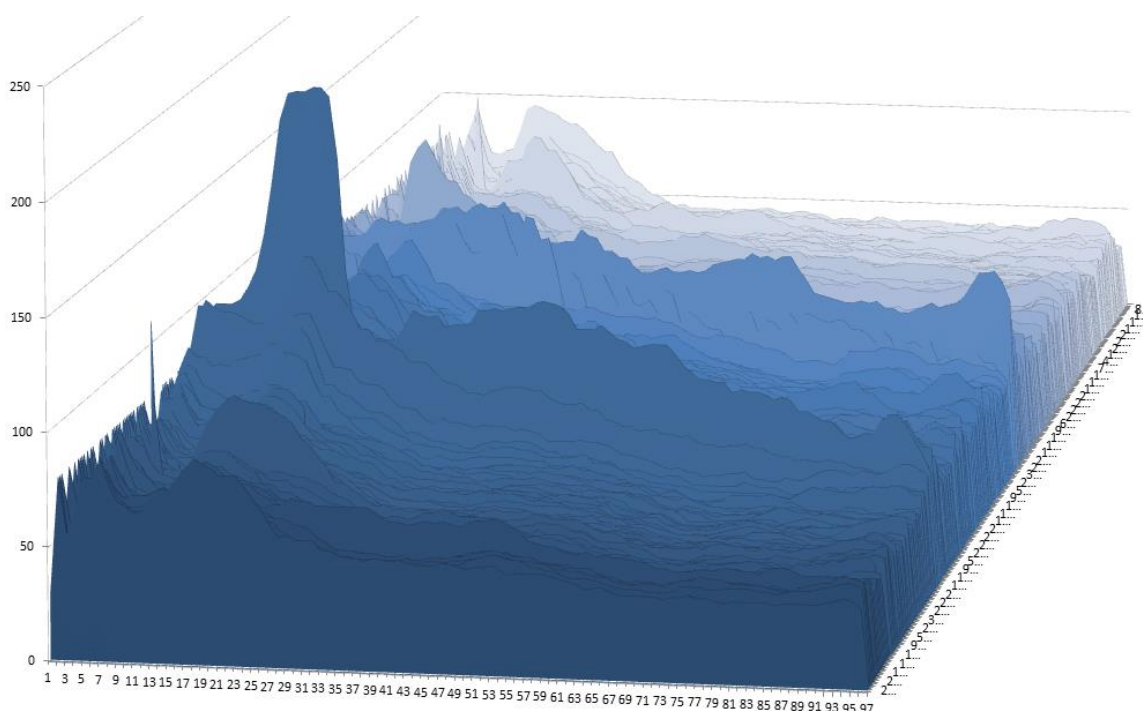
Jäljelle jääneet uunit kävin vielä tarkistamassa paikalla. Tarkistuksissa karsin viimeiset uunit pois, ja jäljelle jäivät uunit 19 ja 44. Uuni 19 on patterilta 2 eli koksikaasulla lämmitettävältä patterilta ja uuni 44 seoskaasulla lämmitettävältä patterilta. Purut etenevät aina joko parillisilla tai parittomilla uuneilla. Uunien valinnassa kiinnitettiin huomioita vielä siihen, että uunit olisivat eri sarjasta eli mahdollisimman eri aikaan purussa. Näin pystyttiin seuraamaan mahdollisimman hyvin testituloksia.

4.1.1 Uuni 44

Uunien tilavuudet ovat eläneet aikojen kuluessa koksaamalla. Osa uuneista on kutistunut ja osa laajentunut. Grafiitin muodostuminen on pienentänyt uunien tilavuuksia. Tästä syystä on selvitetty erilaisilla tutkimuksilla uunien tämänhetkisiä tilavuuksia. Joillekin uuneille on tehty laserskannauksia, joiden perusteella on saatu uuneille tilavuuksia.

Uunin 44 teoreettinen tilavuus on määritetty vuonna 2011 laskennallisesti panostustietoja hyväksi käyttäen. Tutkimuksessa käytettiin yli 400 aikaisemman panostuksen tietoja. Tutkimuksessa uunin oletettiin olevan täysi silloin, kun se karistaa, eli uunista tulee ylimääräinen kivihiili tasoitustangon mukana pois. Tilavuus määritettiin panostetun seoksen painon ja seoksen irtotilavuuspainon perusteella. Uunin 44 tilavuudeksi on saatu 42,03 m³, eli uuni on tilavuudeltaan suuri.

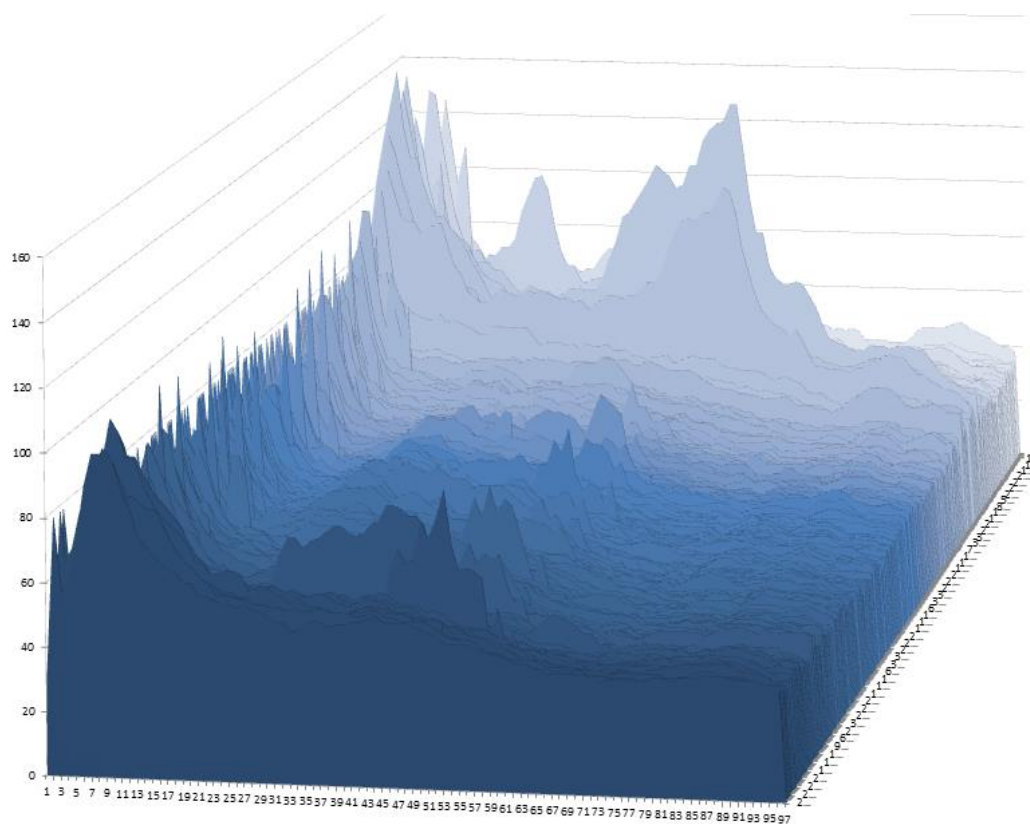
Kuvassa 13 on kuvaaja uunin 44 viimeisimmistä työntötehoista. Huolimatta suuresta panosmäärästä uunin työntötehot ovat pysyneet matalalla, koska se on muuten kunnossa. Uunin pohja on hyvä eikä seinämällä ole grafiittia.



KUVA 13. Uunin 44 historiatiedot edellisistä työnnoista (12)

4.1.2 Uuni 19

Myös uunin 19 tilavuus on määritetty vuoden 2011 tutkimuksessa. Tämän perusteella uunin teoreettiseksi tilavuudeksi on saatu 42,06 m³, eli se on melkein sama uunin 44 tilavuuden kanssa. Uuneja ei voi kuitenkaan verrata täysin keskenään, koska ne ovat eri pattereilta. Kuvassa 14 on kuvaaja uunin 19 viimeisimmistä työntötehoista. Myös tällä uunilla työntötehot ovat maltilliset, vaikka siinä käytetään suuria panosmääriä. Uunissa ei ole mutkia eikä suurta määrää grafiittia.



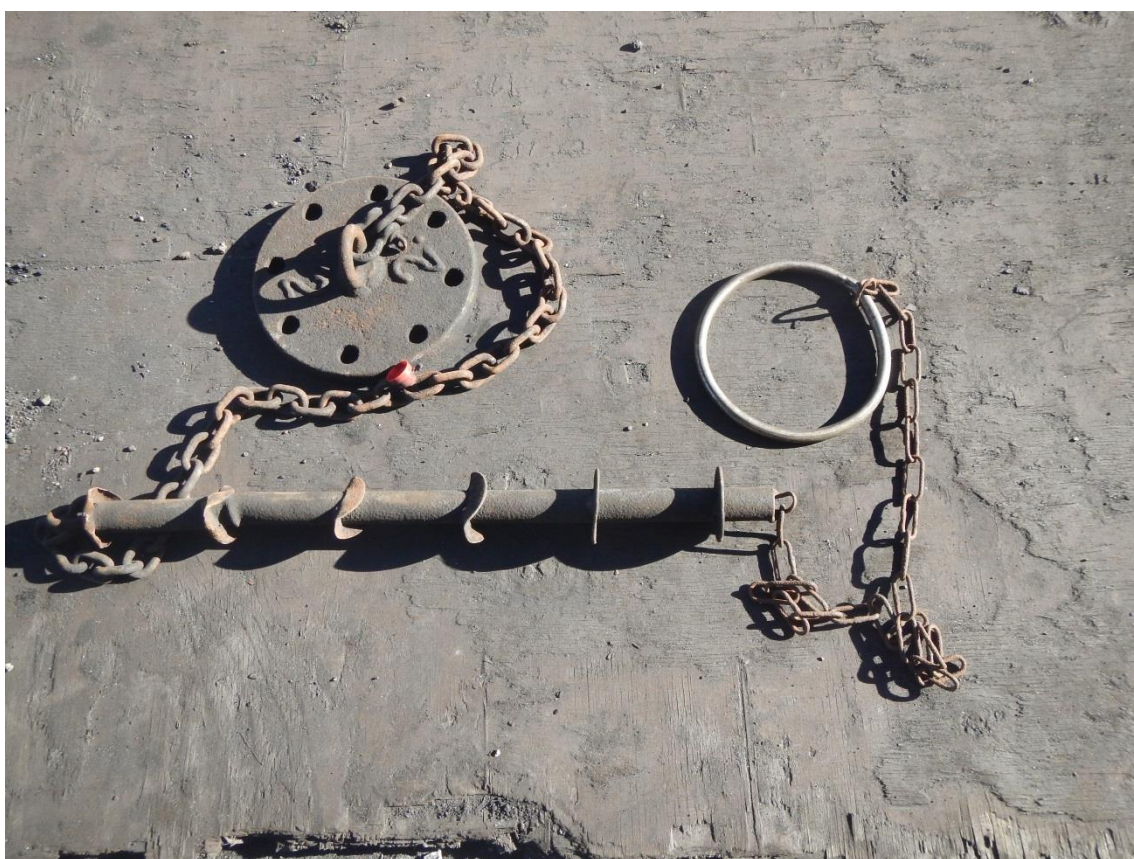
KUVA 14. Uunin 19 historiatiedot edellisistä työnnoista (12)

4.2 Panoskoon optimointi

Kun testiunitit oli saatu valittua, siirryttiin niiden panoskoon optimointiin. Tärkeitä menetelmiä tässä ovat niin kutsuttu pintojen mittaaminen, karisteiden määrän seuraaminen ja käyttöhenkilökunnan kokemus. Lisäksi oli myös seurattava testiunitien työntötehoja, jotka osaltaan myös viestivät, mikäli panoskoko kasvaa liian suureksi.

4.2.1 Pintojen mittaaminen

Pintojen mittaaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että mitataan kuinka korkealla koksen pinta on uunissa koksauksen loppuvaiheessa, ja kuinka korkealla hiilen pinta on panostuksen jälkeen. Näitä töitä varten koksamolla on kehitetty erilaisia mittavälineitä. Hiilen pinnan mittauksessa käytetään kuvan 15 mittaketjua, jonka päässä on mitta-asteikko hiilen pinnankorkeuden mittaamiseen. Koksen pintaa mitataan mittakepillä, jossa on mitta-asteikko pinnankorkeuden mittaamiseen. Lisäksi kepissä on suojalevy, joka suojaa mittaajaa uunin kuumuudelta.



KUVA 15. Mittaketju kakkospatterille

Mittaustuloksista pidettiin pöytäkirjaa (liite 4), johon merkittiin mittaustulokset ja kyseiseen mittaukseen liittyvät muut panostusparametrit. Näiden arvojen perusteella pystyttiin laskemaan esimerkiksi koksikakun kutistumista uunissa. Koksikakun kutistuman perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä panoskoon oikeellisuudesta.

4.2.2 Tilavuuden määrittäminen

Testiuuneille määritettiin tilastojen perusteella tämänhetkisen tilavuudet. Tämä tapahtui käytännössä niin, että otettiin kummaltakin uunilta noin 600 viimeisimmän purun tiedot. Näistä tiedoista valittiin panostukset, jotka olivat karistaneet pitkällä tasoituksilla yli 40 kiloa. Näistä panostuksista laskettiin panostettua kivihiilimäärää, tasoituskaristetta ja irtotilavuuspainoa apuna käyttäen uuneille tilavuuden. Uunin 19 tämänhetkiseksi tilavuudeksi tuli $41,76 \text{ m}^3$ ja uunille 44 $42,05 \text{ m}^3$. Nämä tulokset ovat hyvin linjassa aikaisempiin tilavuuden määrittämiin.

Talviaikaan seoksen kosteuden ollessa korkealla uunista ei tule kunnolla karisteita, vaikka panos on riittävä. Tämä todettiin vertailemalla seoksen kosteuden ja uunista tulleiden karisteiden suhdetta saadun koksen painoon.

4.2.3 Tasoitustangon liikkeiden selvittäminen

Tasoitustanko levittää uuniin panostettavan seoksen tasaiseksi pinnaksi. Tasointus tehdään, jotta uunin yläosaan jäisi panostuksen jälkeen uunin päästä päähän ulottuva kaasutila, jonka kautta kivihiilestä vapautuvat kaasut pääsevät vapaasti virtaamaan kaasunkokoojiin. Ennen työn aloittamista oli epäily, että tasoitustanko tekee turhia tasoituksia. Turhat tasoitukset muun muassa kuluttavat tasoituslaitteistoa ja kovettavat hiilen pinnan, jolloin koksautuminen saattaa häiriintyä.

Tasoitustangon liikkuminen selvitettiin seuraamalla prosessia ja mittaamalla tangon liikkeitä. Mittausten perusteella saatiin tarkka selvitys (liite 3) siitä paljonko tanko todellisuudessa liikkuu uunissa.

Lisäksi selvitimme tasoitustangon taipuman sen ollessa pisimmillään uunissa. Tangon taipuma vaikuttaa siihen, miten seoksen pinnat tasoittuvat. Seoksen pintojen mittausten perusteella meillä oli ennakkokäsitys siitä, että tanko taipuu jonkin verran. Koksipuolelta mitatut seoksen pinnat olivat säännöllisesti matalammalla kuin työntöpuolen seoksen pinnat.

Tasoitustangon taipuman mittaaminen suoritettiin työntövaunun huoltopäivänä kuvan 16 mukaisesti ajamalla tasoitustanko päähän asti. Kuvassa olevien apuviivojen avulla pystyttiin arvioimaan tasoitustangon taipuma, joka osoittautui olevan ennakko-odotusten mukaisesti noin 20 cm kärjestä mitattuna.



KUVA 16. Tasoitustangon taipuman mittaaminen

4.2.4 Seoksen karisteiden määrän seuraaminen

Panostettavasta uunista tulee kivihiilikaristeita silloin, kun se on panostettu täyteen. Tasoitustanko vetää ylimääräisen seoksen ulos uunista karisteiden punnitusupiloon. Suppilossa kivihiili punnitaan ja siitä lähtee tieto koksaamon tietojärjestelmiin. Vaa'an kalibroinnista johtuen se näyttää aina muutamaa kiloa karisteita, vaikka niitä ei välttämättä olisikaan tullut. Kun uunista tulee esimerkiksi yli 40 kg kivihiiliseosta, voidaan olettaa sen olevan täysi.

Talviaikaan seoksen kosteuden ollessa korkealla uunista ei tule kunnolla karisteita, vaikka panos on riittävä. Tämän voi todeta vertailemalla seoksen kosteuden ja uunista tulleiden karisteiden suhdetta saadun koksen painoon. Tästä syystä pitää olla varovainen arvioitaessa uunin tilavuuksia talviaikaan.

4.2.5 Ongelmat

Mittaamalla koksen ja kivihiiliseoksen pintoja panostusreikien kohdilta ei saada varmaa kuvaa siitä, miten kivihiili tai koksi on uunissa reikien välissä. Toki kivihiilipanoksen karisteita seuraamalla voidaan olettaa, että mikäli niitä tulee, ovat panostusreikien välitkin tarpeeksi täynnä. Tämän ongelman poistamiseksi ovi-vaunuihin on asennettu koksikakun pinnanmittaustutkat. Tehtäessä pinnankorkeusselvityksiä tutkat eivät kuitenkaan olleet toimintakuntoisia yhdelläkään ovi-vaunulla.

Johtopäätöksiä jouduttiin osittain tekemään testiuunien kohdalla vanhempien tutkakäyrien perusteella. Datatiedot selvitettiin näiltä aiemmilta puruilta, eli paljonko uuneihin on tällöin panostettu kivihiiliseosta, mikä on ollut sen kosteus ja paljonko on saatu valmista koksia. Näitä tietoja vertailemalla tämänhetkisten purkujen datatietoihin pystyttiin tekemään arvioita siitä miten koksipinta testihetkellä uuneissa on ollut. Näiden tietojen perusteella tehtiin myös päätöksiä testiuunien täyttöasteesta. Tosin hiilen kutistuma myös vaihtelee, joten liikaa ei voi luottaa siihen, että koksen pintojen perusteella voitaisiin optimoida uunin panosta.

4.3 Vierintäkulman mittaaminen

Koksaamalla on tehty myös aiemmin kivihiilen vierintäkulmaan liittyviä testejä. Aikaisemmissa testeissä kivihiiliseoksen kosteus on vakioitu 8 %. Tällä hetkellä seoksen kosteus liikkuu yli 10 %:ssa, joten nyt on mahdollisuus selvittää kosteuden vaikutus seoksen vierintäkulmaan. Vertaamalla aikaisempien tutkimusten tuloksia tämänkertaisiin tutkimuksiin voidaan vetää jonkinlaisia johtopäätöksiä hiilen kosteuden vaikutuksesta vierintäkulmaan.

Vierintäkulma mitattiin käyttämällä apuna mittaukseen tehtyä kuvan 17 suppiloa. Suppiloon annosteltiin noin kaksi ja puoli kauhallista hiilitornista haettua panostukseen menevää kivihiiliseosta. Tämän jälkeen suppilon pohja aukaistiin ja seos pääsi valumaan lattialle. Lattialle muodostuneen kartiomaisen kasan halkaisija ja korkeus mitattiin ja näiden tietojen perusteella trigonometriaa hyväksi käyttäen laskettiin vierintäkulma.

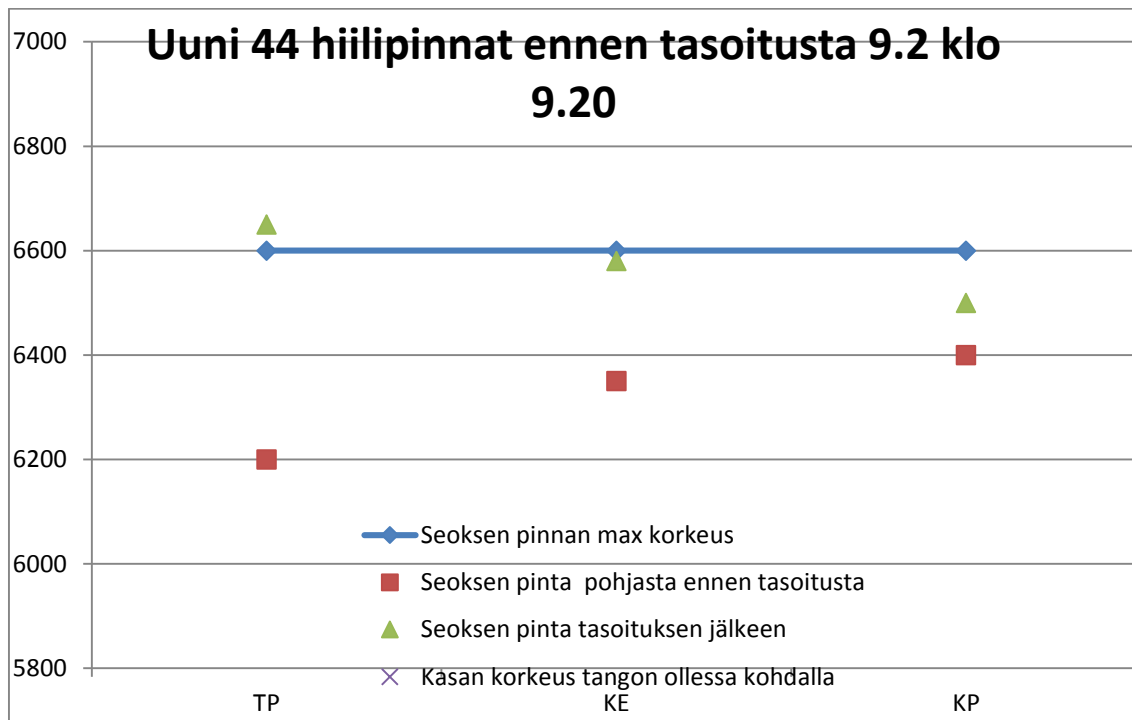
Koe toistettiin viisi kertaa jotta virheen ja sattuman mahdollisuus jäisivät pieniksi.



KUVA 17. Seoksen vierintäkulman mittauksessa käytetty suppilo

4.4 Ruuvikohtainen optimointi

Panostuksen ruuvikohtainen panosmäärän ja kierrosnopeuksien optimointi aloitettiin mittaamalla pintoja kivihiilipanoksesta ennen tasoitusta. Pintojen mittaus suoritettiin samalla menetelmällä kuin aikaisemmatkin mittaukset. Mittauksista (liite 4) saatujen arvojen perusteella tiesimme miten kivihiiliseoksen korkeudet käyttäytyvät panostuksen aikana (kuva 18).



KUVA 18. Hiilen pintojen käyttäytyminen panostuksen aikana

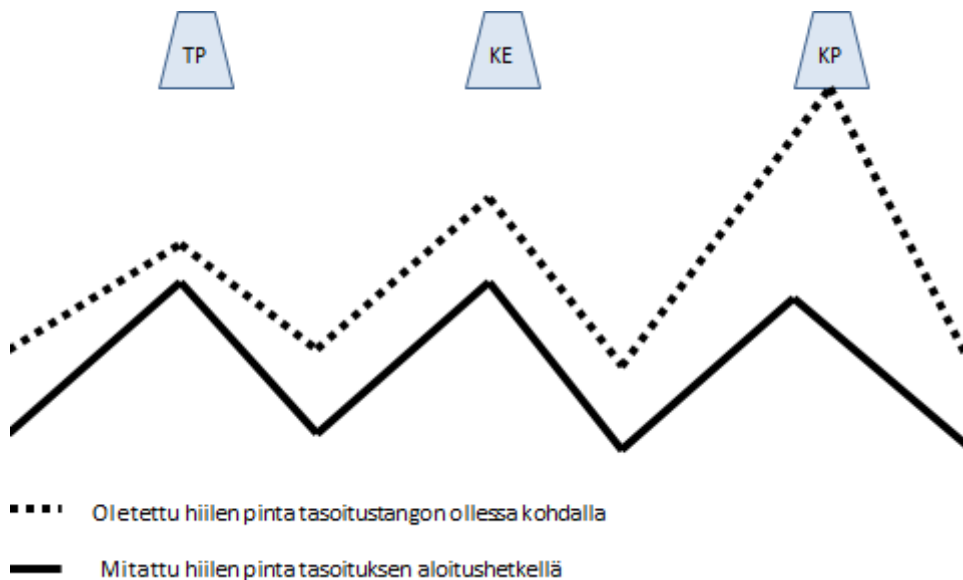
Lisäksi pystyttiin arvioimaan seoksen pintojen korkeutta tasoitustangon kärjen saavuttaessa kasan. Tämä siitä syystä, että mittausten perusteella tasoitustangolla kestää liki 15 sekuntia ehtiä uunin päähän tasoituksen aloitushetkestä. Suhteutettu panostusmäärä pystyttiin myös laskemaan kullekin ruuville.

Ruuvikohtainen optimointi eteni testauksen ehdoilla. Prosessissa kaikki muutokset on tehtävä varovasti eikä virheisiin ole juuri varaa. Testausta varten laadittiin kerättyjen tietojen pohjalta testisuunnitelma (liite 5), jonka pohjalta testaukset tehtiin. Testejä varten selvitettiin, että testit on mahdollista tehdä ilman suuria logiikka- tai ohjelmamuutoksia.

4.4.1 Tasoituksen aloitushetken myöhentäminen

Ensimmäiseksi testattiin tasoituksen aloitushetken siirtäminen myöhäisemmäksi. Tasoituksen aloitushetkeä myöhentämällä voidaan vähentää tasoitustangon tekemää turhaa liikettä. Uunin pintaa on turha tasoittaa ennen kuin hiilika-sojen huiput ovat lähellä uunin kattoa. Tasoitushetken myöhentämisessä on myös otettava huomioon se, että tasoituksen aloituskäskyn lähtemisestä kuluu

vielä aikaa siihen, että tasoitustangon kärki ehtii uunin vastakkaiseen pätyyn. Kellottamalla aikoja pystyttiin muodostamaan arvioita ja piirtämään kuvan 19 mukaisia kaavioita kasojen pintojen tilanteesta tasoitustangon ollessa kasan kohdalla. Tekemällä muutoksia testeissä saatiin käsitys miten muutokset vaikuttavat kasojen pintoihin.



KUVA 19. Pintojen käyttäytyminen panostuksen aikana

4.4.2 Ruuvikierrosten suhteuttaminen tilavuuteen

Taulukosta 2 nähdään miten ruuvikierrokset jakautuvat nykyään panostuksessa. Lisäksi taulukkoon on laitettu miten ruuvikierrosten pitäisi jakautua, kun ne suhteutetaan panostusaukon alueella olevaan uunin tilavuuteen. Nykyään kivihiili levitetään tasoitustangolla tasaiseksi uuniin.

TAULUKKO 2. Uunin panostusaukkokohtaiset tilavuudet

	Työntöpuolen panostusaukko	Keskimmäinen panostusaukko	Koksipuolen panostusaukko
Nykyinen panostusmäärä	33,42 %	34,93 %	31,65 %
Tilavuuteen suhteutettu panostusmäärä	35,86 %	31,69 %	32,45 %

Kultakin panostusruuvilta panostettavia kivihiilimääriä lähdettiin muuttamaan siten, että ne täsmäisivät todellisen tilavuuden kanssa. Tilavuudet saatiin täsmäämään, kun vaiheittain siirrettiin panostettavia ruuvikierroksia oikeille panostusruuveille.

4.4.3 Tasoituspistojen määrän optimoiminen

Saatuamme ruuvikierrosten määrät optimoitua aloimme muuttaa tasoitusohjelmaa kohti tarpeellisia tasoitusmääriä. Koska uudessa panostusmallissa kivihiiliseos panostetaan tasaisesti koksuiuuniin, ei sitä tarvitse levittää enää tasoitustangolla pitkin uunia. Näin pystyttiin jättämään keskipitkät tasoitukset kokonaan pois tasoitusohjelmasta. Keskipitkien tasoitusten ideana on ollut aikaisemmin levittää kivihiiliseos keskimmaiselta panostusaukolta työntöpuolelle ja koksipuolelle. Lyhyen tasoituksen pituus on noin 4 metriä suuntaansa, joten se levittää

seosta vain panostusreiän kohdalla tasaiseksi. Siirryttäessä lyhyisiin tasoituksiin tasoitustangon liikkumismäärä koksiounissa vähenee.

5 TESTIEN TULOKSET

5.1 Kivihiiliseoksen vierintäkulman mittaaminen

Kivihiiliseoksen vierintäkulmatestin mittaustulokset on esitetty taulukossa 3. Vierintäkulma laskettiin mittaustuloksista trigonometriaa apuna käyttäen. Keskiarvo vierintäkulmalle testissä oli noin 31°.Jälkimäisessä taulukossa 4 on vertailuarvoina aikaisemman tutkimuksen tuloksia.

TAULUKKO 3. Kivihiiliseoksen vierintäkulmakoe, jossa seoksen kosteus 10,34 %

Mittaus	Halk. ka. (mm)	Säde (mm)	Korkeus (mm)	Asteet (mm)	Alle 0,5mm osuus (%)
1	380	190	113	30,74	43,1
2	405	202,5	114	29,38	43,1
3	363	181,5	117	32,81	43,1
4	358	179	101	29,43	43,1
5	397	198,5	111	29,21	43,1

Mittaustuloksista näkee, että ennako-odotuksista huolimatta vierintäkulma ei ole juuri muuttunut, vaikka kosteus on kasvanut yli kaksi prosenttiyksikköä. Sundvik-Pahkalan tutkimuksessa todetaan myös se, että kivihiiliseoksen vaihtuminen ei juuri muuta vierintäkulmaa. Jäljelle jäävät vierintään vaikuttava asiat ovat siis raekokojakauma ja seokseen lisättävä öljy. Tällä hetkellä öljyä ei käytetä lisäaineena Raahen koksaamolla, joten silläkään ei ole vaikutusta tämän

hetken koksausprosessiin. Taulukossa 4 Sundvik-Pahkalan tutkimustulokset, joista näkee vierintäkulman keskiarvon olleen noin 31°.

TAULUKKO 4. Kivihiiliseoksen vierintäkulmakoe, kosteus 8,00 %, Johanna Sundvik-Pahkala (13, liite 4)

Mittaus	Halk. ka. (mm)	Säde (mm)	Korkeus (mm)	Asteet (mm)	Alle 0,5mm osuus (%)
1	520	260	155	30,8	41
2	497	249	156	32,1	41
3	522	261	152	30,2	41
4	510	255	158	31,8	41
5	494	247	160	32,9	41

Mittauksista on suhtauduttava tietyllä varauksella, sillä aivan absoluuttisen tarkkoja mittoja kivihiilikasoista on vaikea ottaa. Lisäksi seosta piti välillä auttaa ulos suppilosta, mikä saattaa myös muuttaa tuloksia. Suppilosta pudonneen seoksen muodostama kasa ei ollut aina symmetrinen. Mittasin kasan halkaisijan aina kahdesta kohtaa ja otin laskelmiin mukaan pienemmän arvo kaikista mittauksista.

Aiemmin tehdyssä tutkimuksessa seoksen alle 0,5 mm:n raekoon osuus on ollut kaksi prosenttiyksikköä pienempi kuin tekemissäni tutkimuksissa. Kasvavan pienirakeisen kivihiilen määrän pitäisi kasvattaa vierintäkulmaa, mutta näyttääkin siltä, että se on pienentänyt kulmaa aavistuksen verran. Muutos on kuitenkin niin pieni, ettei siitä kannata tehdä kovin suuria johtopäätöksiä. Näiden seikkojen perusteella voidaankin todeta, ettei seoksen vierintäkulma juuri muutu eri

parametrien muuttuessa, joten sitä ei tarvitse ottaa huomioon tasoituksen optimoinnissa. Kivihiiliseoksen vierintäkulma on likimain sama ympäri vuoden.

5.2 Ruuvikierrosten suhteuttaminen tilavuuteen

Testejä tehtiin, että saatiin selvitettyä onko mahdollista ja järkevää siirtää ruuvikierroksia panostusaukolta toiselle. Testit aloitettiin varovasti siirtämällä ensin pari ruuvikierrosta keskimmaiselta panostusaukolta reunimmaisille. Kyseisten panostusten ulostyönnön ottamia tehoja sekä kuvia purettavista uuneista seurattiin ja tehtiin huomioita. Ruuvikierrosten siirtäminen ei aiheuttanut ongelmia, joten loputkin ruuvikierrokset siirrettiin vaiheittain vastaamaan teoreettisia ruuvi-kohtaisia panostusmääriä.

Taulukosta 5 nähdään kierrosmäärinä tapahtunut muutos. Se on prosentuaalisesti pieni, mutta helpottaa uunin täyttöasteen hallintaa.

TAULUKKO 5. Uuden- ja vanhan panostusmallin vertailu

	Työntöpuolen ruuvi	Keskimmäinen ruuvi	Koksi puolen ruuvi	Yhteensä
Vanha malli	82 krs	85 krs	78 krs	245
Uusi malli	86,5 krs	79 krs	79,5 krs	245

Uusi panostusmalli tarvitsee erilaisen tasoitusmallin, sillä hiiliseosta ei tarvitse enää siirrellä tasoitustangolla uunin keskeltä uunin reunoihin, vaan se panostetaan panostusruuveilla oikeisiin paikkoihin. Uusi panostusmalli aiheutti sen, että uunista alkoi tulla tasoituskaristeita vaikka uuni ei vielä panostuksissa tullut täyteen. Lisäksi kivihiilikakun pinnat koksipuolelta tasoituksen jälkeen olivat noin 200 mm alempana kuin työntöpuolella. Tämän seurauksena panostusasetuksia muutettiin taulukon 6 mukaiseksi.

TAULUKKO 6. Uusin panostusmalli

	Työntöpuolen ruuvi	Keskimmäinen ruuvi	Koksipuolen ruuvi	Yhteensä
Uusi malli 2	85 krs	80,5 krs	79,5 krs	245

Uudella mallilla hiilen pinnat saatiin tasaisiksi. Selvisi siis sekin, ettei uuni täyty kuten sen teoriassa voisi olettaa täyttyvän.

5.3 Tasoitustangon liikkeiden vähentäminen

Taulukossa 7 on esitetty tasoitustangon liikkeet vanhan ja uuden mallin mukaan. Kuten huomataan, tasoitustangon liikemäärä vähenee uuteen malliin siirtäessä huomattavasti.

TAULUKKO 7. Vanhan panostusmallin tasoitukset

Vanha malli	Lyhyt tasoitus	Keskip. tasoitus	Pitkä tasoitus
Pistojen määrä	4	5	2
Matka / pisto	8 metriä	14 metriä	23 metriä
Matka yhteensä	32 metriä	60 metriä	46 metriä

Vanhassa mallissa tanko liikkuu noin 140 metriä ja uudessa mallissa noin 90 metriä. Tangon liike siis vähenee noin 35 % tehdyillä muutoksilla. Tangon liikukumismäärä riippuu hieman uuneista. Joillakin uuneilla tanko tekee erilaisen tasoitusohjelman erilaisen panoksen takia. Taulukossa 8 esitettynä uuden panostusmallin tasoitukset.

TAULUKKO 8. Uuden panostusmallin tasoitukset

Uusi malli	Lyhyt tasoitus	Keskip. tasoitus	Pitkä tasoitus
Pistojen määrä	8	0	1
Matka / pisto	8 metriä	14 metriä	23 metriä
Matka yhteensä	64 metriä	0 metriä	23 metriä

Lisäksi tutkimuksissa selvisi, ettei tasoitustanko käy aivan uunin perällä asti. Tämän seurauksena uunit saattavat jäädä koksipuolelta hieman vajaiksi. Tasoitustangon liikettä muutettiin niin, että se käy nyt noin puolen metrin päässä koksipuolen ovesta. Aiemmin tanko on käynyt noin metrin päässä.

5.4 Tasoituksen aloitushetken myöhentäminen

Tasoituksen aloitushetken myöhentämisellä saadaan se etu, että pystytään pyörittämään kauemmin syöttöruuvien nopeilla kierroksilla kivihiiliseosta uuniin. Liian myöhäisellä tasoituksen aloituksella voidaan aiheuttaa tukkeutuminen panostusruuveille, mikä aiheuttaa paljon turhaa työtä ja tuotantotappioita.

Mittauksia suoritettiin testiuuneilla ja saatiin senkaltaisia tuloksia, että tasoituksen aloitusta on mahdollista myöhentää 3 - 5 ruuvikierrosta riippuen uunista. Testeissä selvisi myös se, että eri uunien täyttyminen nopeilla kierroksilla on erilaista johtuen uunien tilavuuseroista. Tämän seurauksena kutakin uunia on käsiteltävä yksilönä tässä suhteessa. Aloitushetkeä ei voida muuttaa samanaiseksi jokaisella uunilla.

5.5 Ruuvien pyöritysnopeuden muuttaminen

Panostusruuvit pyörivät panostuksessa kahdessa jaksossa. Ensin on nopeita kierroksia siihen saakka, kunnes tasoitus lähtee käyntiin ja tämän jälkeen hitaita kierroksia panostuksen loppuun asti.

5.5.1 Nopeat kierrokset

Nopeita kierroksia nopeutettiin maltillisesti. Liian nopeasta pyörityksestä voi seurauksena olla jälleen panostusruuvien tukkeutuminen. Taulukosta näemme alkutilanteen ja muutetun tilanteen pyöritysnopeuksille.

TAULUKKO 9. Uuden- ja vanhan panostusmallin ruuvinopeuksien vertailu

	Työntöpuolen ruuvi	Keskimmäinen ruuvi	Koksi puolen ruuvi
Vanha malli	56 rpm	57 rpm	56 rpm
Uusi malli	59 rpm	58 rpm	57 rpm

Uudessa mallissa on huomioitu se, että työntöpuolelle panostettava hiilimäärä on suurin. Tätä nopeutta kasvattamalla pystytään lyhentämään panostusaikaa. Muutettu tilanne ei ehkä vieläkään ole se nopein mahdollinen, sillä rajaa on vaikea löytää tekemättä tahallisia ruuvitukoksia.

5.5.2 Hitaat kierrokset

Hitaiden kierrosten nopeuden muuttaminen lähti siitä oivalluksesta, että tasoitustanko levittää paremmin hiiltä työntöpuolen reiällä kuin koksipuolen reiällä. Laskelmien mukaan tasoitustanko levittää jopa kolme kertaa paremmin hiiltä työntöpuolen panostusaukon kohdalta kuin koksipuolen panostusaukon kohdalta. Koska nykyiselläänkään tasoitusruuvi ei tukkeudu sen takia, että tasoitustanko ei kerkiäisi levittämään koksipuolella hiiltä, lähdimme kasvattamaan työntöpuolen ruuvien pyörimisnopeutta. Taulukossa 10 vertaillaan uuden ja vanhan panostusmallin tasoituksen aikaisia ruuvinopeuksia.

TAULUKKO 10. Uuden ja vanhan panostusmallin tasoituksen aikaisten ruuvinopeuksien vertailu

	Työntöpuolen ruuvi	Keskimmäinen ruuvi	Koksi puolen ruuvi
Vanha malli	12 rpm	12 rpm	12 rpm
Uusi malli	16 rpm	13 rpm	13 rpm

5.5.3 Tasoitusluukun avaushetken myöhentäminen

Vanhassa mallissa tasoitusluukun avauslupa tulee työntövaunulle, kun työntöpuolen panostusruuvi on pyörinyt yhden kierroksen. Luukun avauksen jälkeen työnnetään savumuhvi tasoitusaukolle ja tasoitustanko ryömii odottamaan tasoitusluvan saamista. Tasoitusluukun avaamisesta tasoitusluvan saamiseen kestää nykyisellään noin 30 sekuntia. Mikäli uunin panostus sujuu normaalisti, ei tästä odotuksesta ole juuri haittaa. Mikäli taas esimerkiksi panostusvaunulta käytettävä höyryinjektio ei toimi halutulla tavalla eikä uuniin sada tarvittavaa alipainetta, on seurauksena runsaasti savua tai liekkejä tasoitusluukusta. Tällöin 30 sekuntia on todella pitkä aika. Ympäristö ja prosessikoneet kärsivät savusta ja liekeistä. Avattu tasoitusluukku heikentää uunin alipainetta, sillä tasoitusluukun aukosta pääsee ilmaa uuniin ja suoraan kaasujen kokoojaputkeen höyryinjektion imemänä.

6 PANOSTUSPRAKTIIKAN OPTIMOINNIN JATKAMINEN

Mikäli panostuspraktiikan optimointia halutaan jatkaa, on syytä hieman miettiä, miten optimoinnissa kannattaa edetä. Kunhan läntisessä työntövaunussa tällä hetkellä oleva virhe ohjelmassa on korjattu, on optimoinnissa mahdollista edetä uuni kerrallaan.

Ensimmäinen vaihe on ruuvikierrosten siirtäminen uunikohtaisesti taulukon 6 mukaiseen malliin. Samanaikaisesti on ruuvien pyörimisnopeuksia muutettava taulukoiden 9 ja 10 mukaiseksi. Työntövaunun tasoitusohjelma on ohjelmankorjauksen jälkeen mahdollista muuttaa esimerkiksi muotoon 9-15-1. Tällöin vaunu tekee pelkästään lyhyitä tasoituksia uuneilla, joissa panostusarvot on muutettu kohti uutta mallia.

Panostusarvojen muuttamisen jälkeen voidaan myöhentää tasoituksen aloitushetkeä. Tämä täytyy tehdä mittausten perusteella. Mittaaminen tapahtuu siten, että tasoituksen aloitushetkellä pysäytetään syöttöruuvit ja mitataan, millä korkeudella hiilikasat ovat. Esimerkiksi seuraavalla panostuksella muutetaan aloitushetkeä jonkin verran myöhäisemmäksi ja tehdään vastaava mittaus uudelleen. Kahden mittauksen perusteella huomataan, miten pinnat käyttäytyvät, ja näin pystytään säätämään tasoituksen aloitushetki mahdollisimman myöhäiseksi.

Viimeinen vaihe jokaisella uunilla on panoskoon optimointi. Seurataan koksini- ja hiilenpintojen mittaustuloksista, minkälainen koksipinta on koksikakussa. Tämän perusteella lisätään tai vähennetään ruuvikierroksia, kunnes saadaan optimaalinen panoskoko. Uudella panostusmallilla ruuvikierrosten lisäyksen pitäisi näkyä pinnan muuttumisena siellä, missä arvoja muutetaankin.

7 YHTEENVETO

Työssä selvitettiin, onko järkevää optimoida panostusnopeuksia ja panostusmääriä ruuvikohtaisesti. Ensin selvitettiin tarvittavat teoreettiset ruuvikohtaiset panostusnopeudet ja määrät, minkä jälkeen niitä testattiin muutamilla uuneilla käytännössä. Työn teoriaosuuteen on kirjattu muistiin asioita, jotka olen joutunut opiskelemaan, jotta pystyn tarkemmin optimoimaan panostusprosessia. Koksausprosessissa on paljon toisiinsa vaikuttavia asioita, joten jo työn alkuvaiheessa kävi selväksi, että jokaisessa asiassa täytyy tehdä kompromisseja.

7.1 Työn eteneminen

Testit sujuivat ilman suurempia ongelmia ja aikataulussa pysyttiin. (Liite 2.) Vaikeuksia aiheuttivat prosessissa tapahtuneet häiriöt, joiden aikana ei tehty testejä. Lisäksi koksausprosessin luonne aiheuttaa sen, ettei päästy juuri näkemään työn tuloksia, koska päivällä panostetut uunit tulivat pääsääntöisesti purkuvuoroon aamuyöstä.

Koksin pinnanmittaustutkien toimimattomuus on suuri haitta panostusprosessin optimoimisen kannalta. Optimoinnin tuloksien esittäminen luotettavasti on vaikeaa ilman datatietoa koksin pinnoista. Saadut tulokset perustuvat pitkälti koksinpintojen silmämääräiseen arviointiin. Tästä syystä tuloksiin on suhtauduttava kriittisesti.

Ruuvikierrosten siirtely panostusruuvilta toiselle ei aiheuttanut haittaa prosessille. Tehdyissä testeissä eivät työntötehot olleet kertaakaan koholla. Ruuvikierrosten siirtelyllä keskeltä sivuille saadaan se etu, että uunin täyttöasteen hallinta helpottuu. Kivihiiliseosta ei enää tarvitse siirtää tasoitustangolla panostusaukolta toiselle, jolloin tiedetään tarkemmin, millaisia muutoksia panostuskierrosten lukumäärien muuttaminen uunissa aiheuttaa. Koksin pinnat pysyivät vastaavina kuin ennen ruuvikierrosten siirtelyä keskeltä sivuille.

Panostettaessa kivihiiliseosta oikea määrä kultakin panostusaukolta ei sitä enää tarvitse levittää tasoitustangolla pitkin uunia. Tasoitus voidaan tehdä lyhyillä tasoituksilla, jolloin tasoitustangon liike vähenee kymmeniä prosentteja. Pienentynyt liike vähentää tasoituslaitteiston kulumista. Lisäksi optimointityön aikana tehty tasoitustangon liikkeen pidentäminen on parantanut koksipintaa uunin koksipuolen oven vierestä. Koksikakun kulmaan ei enää nykyisellään jää lovea.

Testien alkaessa panostusvaunut panostivat eri nopeuksilla hiiltä uuniin jostakin syystä. Optimoinnin aikana muutettiin panostusarvot molempiin vaunuihin samanlaisiksi.

Patterikoneiden ohjelmat asettavat tiettyjä rajoituksia optimointityölle. Työntövaunu saa panostusvaunulta seuraavanlaiset tiedot tasoituksen aikana: Avaa tasoitusluukku, tasoita, tee keskipitkät tasoitukset ja lopeta tasoitus. Avaa tasoitusluukku -tieto tulee, kun panostusvaunu laittaa panostusruuvit pyörimään. Tasoita-tieto tulee, kun panostusruuvit ovat pyörineet tietylle kierrosmäärälle asti. Tee keskipitkät -tiedon tullessa siirtyy työntövaunu keskipitkiin tasoituksiin. Kyseinen tieto tulee panostusvaunun koksipuolen ruuvien pysähtymisestä. Lopeta tasoitus -tiedon tullessa panostusvaunu saa valmiiksi panostuksen.

Tasoita-tietoa pystytään myöhentämään testien mukaan noin 3 - 6 kierrosta uunia kohden. Myöhentäminen täytyy tehdä uunikohtaisesti mittauksen perusteella. Keskipitkien tasoitusten jäädessä pois on panostusruuvit saatava pysähtymään yhtä aikaa, jottei ohjelma siirry keskipitkiin tasoituksiin. Ruuvien yhtä aikaa pysähtyminen täytyy selvittää uunikohtaisesti, mutta lähtöarvoina voidaan käyttää Testauksen tulokset -luvussa esitettyä mallia.

Työssä mainituilla kehityskohteilla pystytään nopeuttamaan panostusprosessia ja vähentämään tasoitustangon liikettä. Lisäksi uunin täyttöasteen hallinta helpottuu. Panostusprosessin nopeuttamisesta saadaan se hyöty, että purkuaikataulussa pysyminen helpottuu ja pöly- ja kaasuhaitat pienenevät. Tasoitustangon liikkuesssa vähemmän tasoituslaitteiston huoltotarve vähenee pienenevän kulumisen seurauksena. Täyttöasteen hallinnan helpottuessa pystytään opti-

moimaan uunin panoskokoa helpommin. Uunien ollessa paremmin täynnä saadaan enemmän koksia. Työn aikana ei uskallettu panoskoon optimointia juurikaan tehdä suuren hiilen kosteuden takia.

Työn tavoitteisiin päästiin ja työ sujui hyvin vaativista olosuhteista huolimatta. Työssä esitettyjen seikkojen perusteella olen sitä mieltä, että panostuksen optimointia kannattaa jatkaa. Optimointityön jatkaminen ei vaadi suuria resursseja. Yhden asiaa ymmärtävän työntekijän muutaman kuukauden työpanoksella saadaan aikaan jo selviä muutoksia.

7.2 Jatkokehitysideat

Insinööriyttä tehdessäni ja aikaisempien työtehtävien aikana olen huomannut myös seuraavanlaisia asioita, joihin kannattaisi kiinnittää huomiota panostuksen optimoinnin lisäksi. Ensimmäinen ja tärkein asia on mielestäni koksipinnanmittaus tutkan kuntoon laittaminen, mistä olen maininnut aikaisemminkin työssä. Pinnanmittaustutkan lukemien perusteella panoksen tarkempi optimointi on mahdollista.

Toinen asia on hiilen panospinnan mittauksen automatisointi. Nykyään mittaukset tehdään hyvin harvakseltaan käsipelillä. Nykyisellä mittauksella ei tiedetä, minkälainen seoksen pinta uunissa on panostusaukkojen välillä. Mittaaminen onnistuisi uunissa käytettävillä kameroilla tai tutkilla. Markkinoilta löytyy nykyään seoksen pinnan mittaamiseen tarkoitettuja tutkia. Automatisoinnin seurauksena saadaan enemmän mittaustuloksia, ja mittaustulosten lisääntymisen seurauksena panoskoon hallinta helpottuu.

Kivihiiliseoksen pinnanmittauksen ja optimointiprojektissa kerätyn datan perusteella olisi mahdollista luoda myös matemaattinen ja visuaalinen malli, jolla voitaisiin mallintaa uunin täyttymistä. Malliin voisi sisällyttää esimerkiksi erilaisten tasoituspistojen hiilensiirtokyvyn eri panostusaukoilta. Lisäksi hiilensyöttöruuvien nopeuksien vaikutus olisi mahdollista ottaa huomioon mallissa. Uunikuvien ja kunnonvalvontahenkilökunnan havaintojen perusteella mallissa voitaisiin ottaa myös huomioon grafiitin vaikutus uunin tilavuuteen. Käytännössä syöttämällä malliin uunin panostusmäärät ja -nopeudet, grafiitin määrän sekä hiilen

ominaisuudet malli kertoisi ja havainnollistaisi visuaalisesti, miten kyseisessä panostuksessa tulee käymään ja minkälaiset koksipinnat kyseisillä arvoilla saadaan.

Panostusruuviin tukkeutuminen hidastaa prosessia ja lisää henkilökunnan altistumista kaasuille ja pölylle. Nykyään panostusvaunun kuljettaja ei näe tarkasti vaunusta, ovatko panostusreiät auki. Lisäksi panostusreikien puhdistuksessa käytettävä pora saattaa käydä panostusaukossa normaalisti, vaikka aukko olisi tukossa. Tukkeutumisesta olisivat estettävissä kameroilla, jotka kuvaavat panostettavat reiät ennen panostusta. Kuvista näkisi selvästi, onko panostusaukko tukkoinen. Auki oleva aukko on väriltään oranssi, ja tukossa oleva aukko on musta. Käsittääkseni ei olisi mahdoton tehdä lisä panostusvaunun automaatiikkaan ohjelma, joka tarkistaisi kuvat ja estäisi panostuksen aukkojen ollessa tukossa.

Mielestäni olisi myös tärkeää, että optimoinnin jälkeenkin tehtävät panostuksen säätötyöt olisivat aina perusteltuja. Minulle on aikojen saatossa muodostunut sellainen käsitys, että panostuksen säätöjä tehdään välillä vähän kokeilemalla tai varman päälle. Esimerkiksi ruuvien pyöritysnopeuksia saatetaan pudottaa kaikilta panostuksilta jonkin tukkoisen panostusaukon takia. Uuneja saatetaan panostaa pitkän aikaa muutetuilla arvoilla, koska kukaan ei oikein tiedä, miksi arvoja on muutettu, eikä näin ollen uskalla muuttaa arvoja takaisin parempaan suuntaan. Ehdotankin, että aina muutoksia tehtäessä kirjattaisiin johonkin järjestelmään muistiin, miksi muutoksia on tehty ja mitä on muutettu. Käyttöhenkilöstöllä on valtavasti hyödyllistä tietoa prosessista, mutta ongelmana on se, ettei tieto kulje oikein.

Projektin loppuvaiheessa tuli vielä yksi tasoitustankon liikkumiseen liittyvä idea. Tässä mallissa tasoitustanko tekisi tasoituksen aluksi ihan lyhyttä tasoitusta, esimerkiksi kahden metrin mittaista. Panostuksen jatkuessa tanko siirtyisi nykyiseen lyhyeen tasoitukseen eli 4,5 metrin mittaiseen. Idean taustalla on se, ettei tasoituksen alussa hiiltä tarvitse levittää aukkojen puoliväliin asti vajaan uunin takia. Alussa tasoitustangolla ei tarvitse levittää kuin aivan hiilikasojen huiput. Ideaa ei ole testattu, joten siihen täytyy suhtautua varauksella.

LÄHTEET

1. Tehdasoppaiden materiaali. 2015. Esittelymateriaali. SSAB. Saatavissa: http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/SSAB_Tehdasoppaiden%20materiaali.pdf . Hakupäivä 15.1.2015.
2. Raahen tehdas. 2015. Esittelymateriaali. SSAB. Saatavissa: http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Yleisesittely/Raahen_tehdas_FIN_2014_03.ppt. Hakupäivä 15.1.2015.
3. Koksaamon historia. 2015. Esittelymateriaali. SSAB. Saatavissa: http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Rauta_Energia/Koksaamon_lukuja_historia.ppt. Hakupäivä 21.1.2015.
4. Koksaamon kulutusluvut. 2015. Esittelymateriaali. SSAB Saatavissa: http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Rauta_Energia/Koksaamon%20tuotanto_%20ja%20kulutusluvut.ppt. Hakupäivä 21.1.2015.
5. Koksaamon prosessit. 2015. Esittelymateriaali. SSAB. Saatavissa: http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Rauta_Energia/Koksaamon%20prosessit.ppt. Hakupäivä 21.1.2015.
6. Patteri. 2015. Esittelymateriaali. SSAB. Saatavissa: http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Rauta_Energia/Patteri.ppt. Hakupäivä 21.1.2015.
7. Patterikoneiden työohjeet. 2014. Tuotannon työohjeet. Sisäinen materiaali. SSAB. Hakupäivä 16.2.2015.
8. 9th China International Coking Technology and Coke Market Congress, 2011, Charging Optimization. Messuesite. Schalke.
9. Työntövaunun piirustukset. 2015. WEBALMA, SSAB sisäinen tiedonhallinta-järjestelmä. Hakupäivä 4.2.2015.

10. Sakko, J. 1986. Koksipatterin lämmitys. Nokipojan käsikirja. Raahen koksamon materiaalit. SSAB.
11. Filatov, A. B. – Jakovleva, E.I. – Leibovitsh R.E. 1986. Koksamotuotannon teknologia. Nokipojan käsikirja. Raahen koksamon materiaalit. SSAB.
12. Kerkkonen, Erkki-Matti. Kivihiilen irtotilavuuspainon analyysi; huhtikuu – syyskuu 2003. Tutkimusraportti. Rautaruukin tutkimuskeskus. SSAB
13. Sudvik-Pahkala, Johanna . Kivihiiliseoksen öljykoe. Tutkimusraportti. Rautaruukin tutkimuskeskus. SSAB
14. Pärkkä, Heikki 2009. Konenäön hyödyntäminen koksivuunien analysoinnissa. Diplomityö. Oulu: Yliopisto, prosessi ja ympäristötekniikan osasto.
15. Koksivuunien piirustus, yleiskuva, pituusleikkaus väliseinää pitkin. Piirustusnumero 1095966-TX. ARTTU sisäinen tiedonhallintajärjestelmä. SSAB.
16. Karhumaa, Jouko 2015. Materiaalitekniikko. SSAB. Haastattelut kevään 2015 aikana.
17. Palmu, Petri 1996. Koksipatterin toiminnan analysointi ja lämpötilanhallinta. Licensiaattityö. Oulu: Yliopisto, prosessitekniikan osasto.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Projektisuunnitelma

Liite 3 Tasoitustangon liikkuminen

Liite 4 Mittauspöytäkirja testipanostuksilta

Liite 5 Testaussuunnitelma

Liite 6 Kivihiiliseoksen resepti

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Ossi Niskakangas	Tilaaaja ² SSAB Europe Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Pekka Myllymäki, [REDACTED]	
	Työn nimi ⁴ Koksiuunin panostuspraktiikan optimointi	
	Työn kuvaus ⁵ Nykyisin koksausprosessissa panostetaan kivihiiliseosta koksiuuniin panostusvaunun syöttöruuveilla kolmesta panostusaukosta, kustakin aukosta yhtä nopeasti. Keskimmäisestä panostusaukosta panostettava kivihiilimäärä on suurin ja työntöpuolen panostusaukosta panostettava kivihiilimäärä on toiseksi suurin, koksipuolen panostusaukosta panostetaan pienin määrä. Tästä syystä keskimäinen syöttöruuvi syöttää kivihiiltä uuniin vielä muiden ruuvien pysähdyttyäkin ja tasoitustanko levittää kivihiiltä uunin keskikohdalta uunin molempia päätyjä kohti. Tästä johtuen panostuksen loppuaikana tehtävän kivihiilen pinnan tasoituksen aika on pitkätkö, mikä mm. lisää raakakaasupäästöjä panostettavasta uunista. Lisäksi uunien yläosiin muodostuu grafiittia, minkä epäillään johtuvan vajaista panostusmääristä. Grafiitin muodostuminen tuo omat vaikeutensa koksausprosessiin. Kultakin ruuvilta syötetyt kivihiilimäärät eivät vastaa panostusaukkoittaisia teoreettisia tilavuuksia. Uunin teoreettinen tilavuus on kunkin panostusaukon kohdalta erilainen.	
	Työn tavoitteet ⁶ Työssä selvitetään onko järkevää lähteä optimoimaan panostusnopeuksia ja panostusmääriä ruuvikohtaisesti. Ensin selvitetään tarvittavat teoreettiset ruuvikohtaiset panostusnopeudet ja määrät, jonka jälkeen niitä lähdetään vaiheittain testaamaan parilla uunilla käytännössä. Tavoitteena on lyhentää panostuksen vaatimaa aikaa, varsinkin tasoitusaikaa, sekä optimoida panoksen tasoituksen aloitushetkeä ja täten helpottaa uunien täyttöasteen hallintaa.	
	Tavoiteaikataulu ⁷ Työ aloitetaan tammikuussa 2015 ja se pyritään saamaan valmiiksi maaliskuun loppuun mennessä.	
	Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 10/11/2014 Ossi Niskakangas Tekijän allekirjoitus	

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö

Tausta

Nykyään koksausprosessissa panostetaan kivihiiliseosta koksiiu-niin panostusvaunun syöttöruuveilla kolmesta panostusaukosta, kustakin aukosta yhtä nopeasti. Keskimmäisestä panostusaukosta panostettava kivihiilimäärä on suurin ja työntöpuolen panostus-aukosta panostettava kivihiilimäärä on toiseksi suurin, koksipuolen panostusaukosta panostetaan pienin määrä. Tästä syystä keskim-mäinen syöttöruuvi syöttää kivihiiltä uuniin vielä ruuvien pysähdyt-tyäkin ja tasoitustanko levittää kivihiiltä uunin keskikohdalta uunin molempia päätyjä kohti. Tästä johtuen panostuksen loppuaikana tehtävän kivihiilen pinnan tasoituksen aika on pitkätkö, mikä mm. lisää raakakaasupäästöjä panostettavasta uunista. Lisäksi uunin yläosiin muodostuu grafiittia, minkä epäillään johtuvan vajaista pa-nostusmääristä. Grafiitin muodostuminen tuo omat vaikeutensa koksausprosessiin.

Kultakin ruuvilta syötetyt kivihiilimäärät eivät vastaa panostusauk-kokohtaisia teoreettisia tilavuuksia. Uunin teoreettinen tilavuus on kunkin panostusaukon kohdalta erilainen.

Koksiiuuneja panostetaan vuorokaudessa yli sata kappaletta, joten pienilläkin parannuksilla on mahdollista saada aikaan merkittäviä tuloksia.

Tavoite

Työssä selvitetään onko järkevää lähteä optimoimaan panostus-nopeuksia ja panostusmääriä ruuvikohtaisesti. Ensin selvitetään tarvittavat teoreettiset ruuvikohtaiset panostusnopeudet ja – mää-rät, jonka jälkeen niitä lähdetään testaamaan parilla uunilla käy-tännössä.

Työn tavoitteena on lyhentää panostuksen vaatimaa aikaa, varsinkin tasoitusaikaa, sekä optimoida panoksen tasoituksen aloitushetkeä ja helpottaa uunien täyttöasteen hallintaa.

Työ jaetaan kolmeen päävaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on teoriatiedon kerääminen ja nykytilanteeseen perehtyminen. Toisessa vaiheessa lähdetään ensimmäisessä vaiheessa kerättyjen tietojen pohjalta miettimään teoreettisia panostusarvoja ja tasoitusmääriä ja kestoja. Työn kolmas vaihe on lähteä asteittain testaamaan käytännössä teoriassa selvitettyjä asioita parilla uunilla.

Työn lopputuloksena saadaan perusteltu päätelmä siitä onko panostuksen optimointia järkevää jatkaa muille uuneille. Ja jos on, niin miten.

Projektin aikataulu

1. Etappi, Teoriatiedon kerääminen, ja nykytilanteen kartoitus, valmis 30.1.2015

Dokumentit: Insinööriyön teoriaosuus valmis, selvillä tiedot tämänhetkisestä panostamisesta

Tehtävä	Valmis
Testiuunien valinta ja pintojen mittaukset, uuneista kerätty tämänhetkistä datatietoa laajasti	30.1.2015

2. Etappi, Teoreettiset panostusarvot ja tasoitustiedot selvillä valituilla testiuuneilla, esitestauksia, testilaitteistot ja mitattavat asiat vakioituna ja selvillä, valmis 27.2.2015

Tehtävä	Valmis
Testiuunien panoskoon optimointi	6.2.2015
Ruuvikohtainen optimointi, teoreettiset arvot laskettu, panoskoon seuranta	13.2.2015
Tasoituspistojen ja ajankohdan optimointi teoriassa, panoskoon seuranta	20.2.2015
Käytännön testien valmistelu, palaveria 2. Etapin tulosten tiimoilta	27.2.2015

Dokumentit: Valituille uuneille laskennalliset / teoreettiset tiedot

3. Etappi, Vaiheittainen testaus käytännössä, valmis 31.3.2015

Tehtävä	Valmis
Panostusvaunun ruuvien asetusten muuttaminen vaiheittain kohti tasaista täyttöä	6.3.2015
Tasoituspistojen aloitushetken ja tasoituspistojen optimointi	13.3.2015
Testiuunien seurantaa, hienosäätöä ja suunnitelmia muiden uunien optimointia varten	31.3.2015

Dokumentit: Raportit testauksesta ja seurannasta, johtopäätökset onko panostuksen optimoiminen muilla uuneilla järkevää

Projektin organisaatio

Työn tilaaja: SSAB, Raahen koksaamo

Ohjausryhmä:

- Pekka Myllymäki, SSAB
- Esa Törmälä, OAMK

Projektiryhmä:

- Ossi Niskakangas

Projektin hallinta

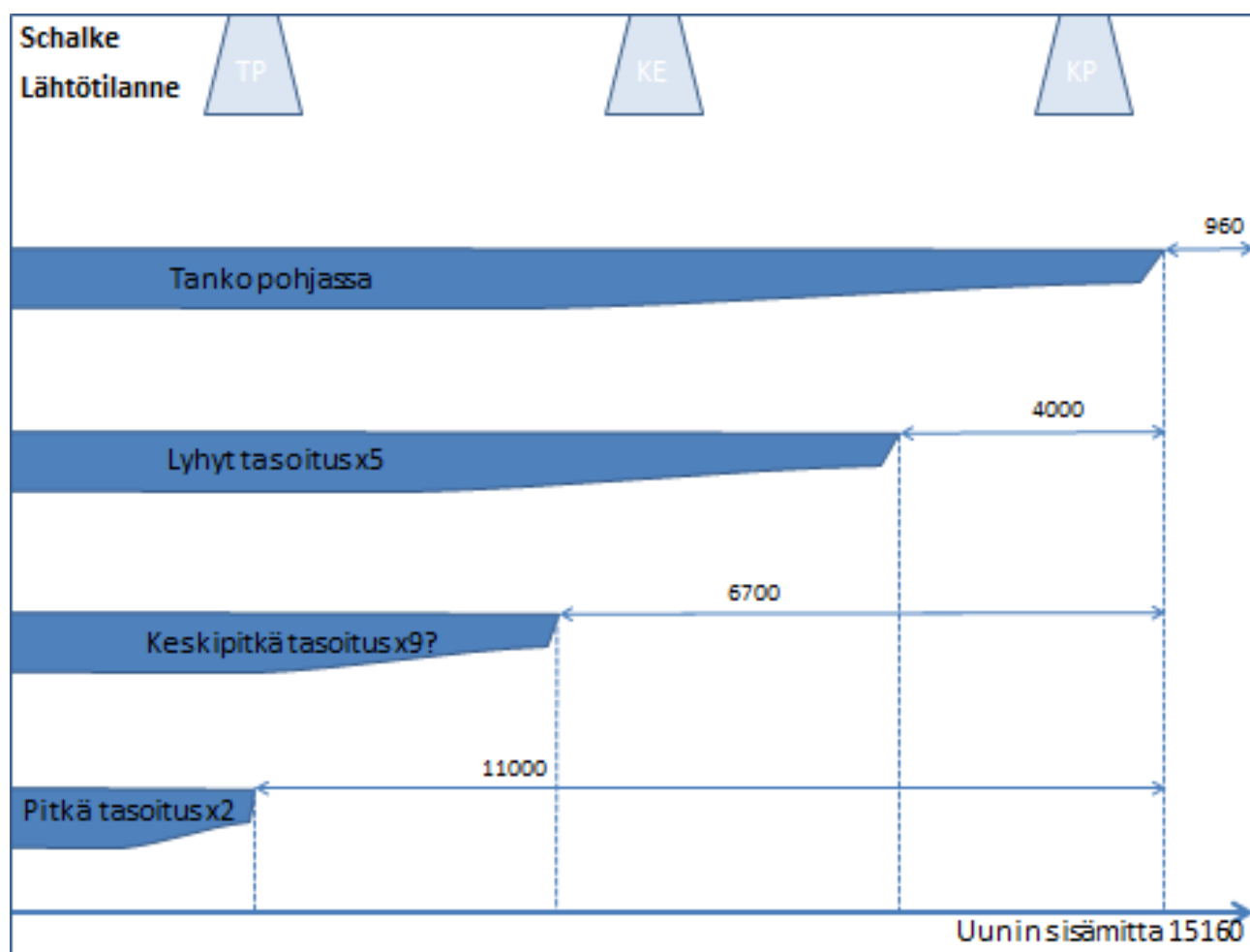
- Katselmukset projektin ohjausryhmän kanssa etapeittain. Ohjausryhmä päättää projektin jatkamisesta
- Käytännön toimenpiteistä päätetään projektin edetessä koksaamon henkilökunnan kanssa

Riskienhallinta

- Aikataulutuksen pettäminen. Tätä riskiä hallitaan säännöllisillä projektipalavereilla.
- Kun teoriassa mietittyjä asioita lähdetään viemään käytäntöön, on vaarana se, etteivät hommat toimikaan suunnitellulla tavalla. Tätä pyritään minimoimaan huolellisella arvioinnilla ja tarkastelulla ennen käytännön testejä
- Työntövaunulle tehtävä logiikkamuutos, joka ajoittuu mahdollisesti testaamisvaiheen kanssa yhtä aikaa, voi haitata testaamista
- Mahdolliset sairauspoissaolot

Raportointi

Projektiryhmä raportoi säännöllisesti ohjausryhmälle projektin etenemisestä. Projektin loppuraporttina toimii valmis opinnäytetyö.



Uuni, tas. al.	Panostus Päivämäärä, aika	Hiilip. uunin katosta tasoituksen jälk.			Hiilipinta kannesta ennen tasoitusta			Ruuvikierrokset, ennen tasoi- tusta			Panostusvaunu
		TP	KE	KP	TP	KE	KP	TP	KE	KP	
44, 63	6.2.2015				1820	1800	1700	67	68	67	PI
44, 63	9.2.2015	4500	5200	6000	1900	1750	1700	66.3	64.8	66.4	PL
44, 65	11.2.2015	4500	5000	6000	1500	1640	1640	68.28	65.47	67.14	PL
44, 65	17.2.2015	4500	4500	5200	1700	1550	1550	68.3	66.55	68.24	PL
44, 65	23.2.2015	4700	6000	7500	1650	1850	1770	69.39	64.09	65.7	PL
22, 63	25.2.2015	5000	5200	6000	1900	1850	1600	66.28	64.6	66.25	PL
22, 65	27.2.2015	4500	5500	6000	1900	2050	1950	68.5	64.59	66.22	PL
22, 63	5.3.2015	4000	5000	6000	-	-	-	-	-	-	PL
19, 63	28.1.2015	4000	5000	5500	-	-	-	-	-	-	PL
19, 63	9.2.2015	4000	5000	5300	1950	1800	1800	66.3	64.6	66.3	PL
19, 63	11.2.2015	4500	5000	5300	1820	1820	1950	68.29	66.56	68.26	PL

MITTAUSPÖYTÄKIRJA TESTIPANOSTUKSILTA

LIITE 4

[illegible]

Suunnitelmaa testejä varten**Uuni 19:**

- Aikaisempien testien perusteella huomataan, että tasoituksen aloitus kierroksella 65 on ehkä vielä liian aikaista
 - Siirretään tasoituksen aloitus 67 ja mitataan pinnat
 - Mikäli ok, aletaan siirtää kierroksia keskeltä koksipuolelle ja työntöpuolelle
 - Siirretään vaiheittain, aluksi 1 kierros koksipuolelle ja 2 työntöpuolelle
 - Mitataan pintoja ja seurataan työntötehoja
 - Mikäli ok, siirretään saman verran lisää molemmille puolille
 - Mikäli ok, siirretään loputkin suhteutettuun tilavuuteen verrattavat kierrokset työntöpuolelle
 - Hidastetaan keskeltä ja koksipuolelta hitaiden kierrosten nopeutta, suhteutettuna jäljellä olevaan tilavuuteen
 - Saadaan kaikki ruuvit yhtä aikaa valmiiksi
 - Muutetaan tasoitusohjelma kohti lyhyiden ja pitkien tasoitusten mallia, eli tehdään lyhyitä kunnes ruuvit ovat pyörineet. Tämän jälkeen pari pitkää tasoitusta
 - Mitataan pintoja ja seurataan tutkakuvia mikäli niitä saadaan

Uuni 44:

- Varmistutaan tasoituksen aloitushetken 65 oikeellisuudesta
- Mikäli ok, aletaan siirtää kierroksia keskeltä koksipuolelle ja työntöpuolelle
 - Siirretään vaiheittain, aluksi 1 kierros koksipuolelle ja 2 työntöpuolelle
 - Mitataan pintoja ja seurataan työntötehoja
 - Mikäli ok, siirretään saman verran lisää molemmille puolille
 - Mikäli ok, siirretään loputkin suhteutettuun tilavuuteen verrattavat kierrokset työntöpuolelle
 - Hidastetaan keskeltä ja koksipuolelta hitaiden kierrosten nopeutta, suhteutettuna jäljellä olevaan tilavuuteen
 - Saadaan kaikki ruuvit yhtä aikaa valmiiksi
- Muutetaan tasoitusohjelma kohti lyhyiden ja pitkien tasoitusten mallia, eli tehdään lyhyitä kunnes ruuvit ovat pyörineet. Tämän jälkeen pari pitkää tasoitusta
- Mitataan pintoja ja seurataan tutkakuvia mikäli niitä saadaan

Uuni 22:

- Selvitetään oikea tasoituksen aloitushetki
- Kun ok, aletaan siirtää kierroksia keskeltä koksipuolelle ja työntöpuolelle
 - Siirretään vaiheittain, aluksi 1 kierros koksipuolelle ja 2 työntöpuolelle
 - Mitataan pintoja ja seurataan työntötehoja
 - Mikäli ok, siirretään saman verran lisää molemmille puolille
 - Mikäli ok, siirretään loputkin suhteutettuun tilavuuteen verrattavat kierrokset työntöpuolelle
 - Hidastetaan keskeltä ja koksipuolelta hitaiden kierrosten nopeutta, suhteutettuna jäljellä olevaan tilavuuteen
 - Saadaan kaikki ruuvit yhtä aikaa valmiiksi
- Muutetaan tasoitusohjelma kohti lyhyiden ja pitkien tasoitusten mallia, eli tehdään lyhyitä kunnes ruuvit ovat pyörineet. Tämän jälkeen pari pitkää tasoitusta
- Mitataan pintoja ja seurataan tutkakuvia mikäli niitä saadaan

Uuni 59:

- Selvitetään oikea tasoituksen aloitushetki
- Kun ok, aletaan siirtää kierroksia keskeltä koksipuolelle ja työntöpuolelle
 - Siirretään vaiheittain, aluksi 1 kierros koksipuolelle ja 2 työntöpuolelle
 - Mitataan pintoja ja seurataan työntötehoja
 - Mikäli ok, siirretään saman verran lisää molemmille puolille
 - Mikäli ok, siirretään loputkin suhteutettuun tilavuuteen verrattavat kierrokset työntöpuolelle
 - Hidastetaan keskeltä ja koksipuolelta hitaiden kierrosten nopeutta, suhteutettuna jäljellä olevaan tilavuuteen
 - Saadaan kaikki ruuvit yhtä aikaa valmiiksi
- Muutetaan tasoitusohjelma kohti lyhyiden ja pitkien tasoitusten mallia, eli tehdään lyhyitä kunnes ruuvit ovat pyörineet. Tämän jälkeen pari pitkää tasoitusta
- Mitataan pintoja ja seurataan tutkakuvia mikäli niitä saadaan

Kaikkien testien jälkeen palautetaan asetukset normaalitilaan.



23.3.2015

KIVIHIILISEOKSEN LAATU			
Seoksen numero:	282	Seoksen komponentit:	
Käyttöönotto-päivämäärä:	6.3.2015	Kivihiililaatu	Koodi %-osuus
Päivitetty kasanvaihdon yhteydessä:			2007 44
			2033 15
			2024 16
			2016 11
			2010 8
			2022 6
FYSIKAALISET OMINAISUUDET			
Koksauspaine	-	kPa	
Uunikutistuma	SHO	%	
TEKNINEN ANALYYSI			
Pintakosteus	FM	p. %	
Hygrosk. kosteus	IM	p. %	
Kokonaiskosteus	TM	p. %	
Haihtuvapitoisuus (dry)	VM	p. %	
Tuhka (dry)	ASH	p. %	
ALKUAINEANALYYSI			
Rikki (ad)	S	p. %	
Fosfori (ad)	P	p. %	
K ₂ O+Na ₂ O (ad)	ALK	p. %	
Kloori (ad)	Cl	p. %	
Hiili (dry)	C	p. %	
Vety (dry)	H	p. %	
Typpi (dry)	N	p. %	
Happi (erotus)	O	p. %	
TUHKAN ALKUAINEANALYYSI (dry)			
	SiO ₂	p. %	
	Al ₂ O ₃	p. %	
	TiO ₂	p. %	
	Fe ₂ O ₃	p. %	
	CaO	p. %	
	MgO	p. %	
	K ₂ O	p. %	
	Na ₂ O	p. %	
	P ₂ O ₅	p. %	
DILATOMETRIARVOT			
Max.pehmenemislämpötila	DT1	°C	
Min.kovettumislämpötila	DT3	°C	
Päällekkäisyys	-	°C	
Maksimikutistuma	CON	%	
Dilataatio	DIL	%	
GIESELER-PLASTOMETRIARVOT			
Max.juoksevuus	FLUID	ddpm	
MUUT PLASTISET OMINAISUUDET			
Paisumisluku	FSI	-	
Gray-King-luku	GK	G	
SEOKSEN RAEKOKO			
Alle 0,5mm:n määrä		%	
Keskimääräinen raekoko		mm	
LASKENNALLISET ARVOT			
Emäksisyysindeksi	BI(ash)	-	
G-luku	G/DIL	-	
Koost.tasap.	CBI	-	
Lujuusindeksi	SI	-	
Koksin saanti	KOS	%	
SEOKSEN HINTA			
	\$/t		
ENNUSTE KOKSIN FYSIKAALISESTA LAADUSTA			
Reaktiivisuus	CRI		
CSR-ennuste uusi *	CSR		
PETROGRAFINEN ANALYYSI			
Heijastuskyky	Rm	%	
Vitriniitti	VITR	t. %	
Eksiniitti	EXIN	t. %	
Reakt.semifusin.	R.SEMFUS	t. %	
Reaktiivit yht.	REAKT.	t. %	
Fusiniitti	FUS	t. %	
Inert. semifus.	I.SEMFUS	t. %	
Mikriniitti	MICRIN	t. %	
Makriniitti	MACRIN	t. %	
Mineraalit yht.	MINER	t. %	
Inertit yht.	INERT	t. %	
Reaktiivien jakautuminen:			
Rm hajonta	2s	± %	0.46
Komponenttien lukumäärä		kpl	8
LASKELMA KOKSIEN KEMIAALLISESTA KOOSTUMUKSESTA			
	+ 20 mm:n koksi	Pähkinäkoksi	
C			
Fe			
SiO ₂			
CaO			
MgO			
Al ₂ O ₃			
Mn			
P			
Ti			
S			
K ₂ O			
Na ₂ O			
Tuhka			

*perustuu 7 kg:n uunin koekoksausihin

W:\labmat\Raakaain\SEOS\ASKENTA.XLS